

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

«На правах рукопису»
УДК 669.018.9

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М. М. Ямшинський

«07» _____ грудня 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 136 - Металургія

**на тему: «Стабілізація властивостей універсальної суміші для
виготовлення ливарних форм»**

Виконала: студентка VI курсу, групи ФЛ-371мп

Бондар Анастасія Костянтинівна _____

Керівник

к.т.н. доцент Лютий Р.В. _____

Консультант з охорони
праці та безпеки в
надзвичайних ситуаціях:

к.т.н. доцент Зацарний В.В. _____

Консультант з
організаційно-
економічної частини

к.е.н. доцент Глуценко Я.І. _____

Консультант
з нормоконтролю

к.т.н. доцент Федоров Г.Є. _____

Рецензент

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студентка _____

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) – 136 «Металургія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М. М. Ямшинський

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Бондар Анастасії Костянтинівни

1. Тема дисертації «Формувальна суміш для промислового та художнього литва з неорганічними полімерними добавками», науковий керівник дисертації Лютий Ростислав Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «09» листопада 2018 р. № 4128-с

2. Термін подання студентом дисертації: 18 грудня 2018 року.

3. Об'єкт дослідження: Оборотна піщано-глиняста суміш для формування по-сирому та по-сухому.

4. Предмет дослідження: Фізико-механічні та технологічні властивості суміші у сирому та сухому стані; їх залежність від інтенсивності регенерації, вмісту свіжого піску і бентонітової глини, тривалості сумішоприготування.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 5.1 Опрацювати та проаналізувати літературу за темою дослідження; 5.2 Оптимізувати методику дослідження; 5.3 Провести експерименти; 5.4 Виготовити зразки; 5.5 Дослідити комплекс властивостей отриманих зразків; 5.6 Розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; 5.7 Розробити організаційно-економічну частину роботи; 5.8 Сформулювати загальні висновки та рекомендації.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Презентація (12 слайдів)

7. Орієнтовний перелік публікацій

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Консультант з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	к.т.н. доцент Зацарний В.В.		
Консультант з організаційно-економічної частини	к.е.н. доцент Глущенко Я.І.		
Консультант з нормоконтролю	к.т.н. доцент Федоров Г.Є		

9. Дата видачі завдання 3 вересня 2018 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Переддипломна науково-дослідна практика	03.09...28.10.2018р.	
2	Опрацювання та аналіз літератури за темою дослідження	03.09...10.10.2018р.	
3	Оптимізація методики дослідження	05.09...10.10.2018р.	
4	Планування та реалізація експериментів	10.09...10.10.2018р.	
5	Виготовлення зразків, їх дослідження та аналіз результатів	20.09...01.12.2018р.	
6	Розроблення заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	10.11...17.12.2018р.	
7	Виконання організаційно-економічної частини	10.11...17.12.2018р.	
8	Виконання ілюстративної частини роботи	01.12...10.12.2018р.	
9	Оформлення магістерської дисертації	01.12...18.12.2018р.	
10	Подання дипломної роботи до захисту	18.12.2018р.	
11	Рецензування дипломної роботи	10.12...20.12.2018р.	
12	Захист дипломної роботи	20.12.2018р.	

Студент

Бондар А. К.

Науковий керівник дисертації

Лютий Р.В.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 117 с., 25 рис., 21 табл., 23 посилань.

Об'єкт дослідження: Оборотна піщано-глиняста суміш для формування по-сирому та по-сухому.

Предмет дослідження: фізико-механічні та технологічні властивості суміші у сирому та сухому стані; їх залежність від інтенсивності регенерації, вмісту свіжого піску і бентонітової глини, тривалості сумішоприготування.

Мета роботи: розроблення процесу регенерації та освіження оборотної піщано-глинястої суміші для виготовлення виливків із сплавів чорних і кольорових металів у сирих та сухих ливарних формах.

Методи дослідження: гідравлічна регенерація оборотної суміші; визначення вмісту глинястої складової та властивостей у сирому та у сухому стані за стандартними методиками.

Результати дослідження: забезпечено значне підвищення властивостей оборотної суміші після проведення гідравлічної регенерації загальною тривалістю не більше 8 хв., додавання 15% свіжого піску та 7% бентонітової глини, перемішування терміном не менше 10 хв. Використання регенованої суміші значною мірою зменшує кількість дефектів виливків.

Значущість роботи: проста і доступна будь-якому підприємству технологія відновлення властивостей великих обсягів оборотних сумішей, результатами якої є ресурсозбереження і підвищення якості литва.

Галузі застосування: ливарне виробництво; виготовлення виливків із чавуну, сталі, алюмінієвих сплавів у формах із піщано-глинястих сумішей, які заливають у сирому або в сухому стані.

Економічна ефективність – умовний економічний ефект 173 863,50 грн

Прогнозовані припущення: виробниче впровадження на ряді ливарних підприємств із багаторазовим використанням оборотних сумішей піщано-глинястого типу. Орієнтовна періодичність процесу регенерації для цехів дрібносерійного виробництва – 1 раз на рік.

ВЛАСТИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНІ, ВЛАСТИВОСТІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ, ГІДРАВЛІЧНА РЕГЕНЕРАЦІЯ, ГЛИНЯСТА СКЛАДОВА, ОБОРОТНА СУМІШ, ПІЩАНО-ГЛИНЯСТА СУМІШ, СВІЖИЙ ПІСОК

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация: 117 с., 25 рис., 21 табл., 23 ссылок.

Объект исследования: Обратная песчано-глинистая смесь для формовки по-сырому и по-сухому.

Предмет исследования: физико-механические и технологические свойства смеси в сыром и сухом состоянии; их зависимость от интенсивности регенерации, содержания свежего песка и бентонитовой глины, продолжительности изготовления смеси.

Цель работы: разработка процесса регенерации и освежения обратной песчано-глинистой смеси для изготовления отливок из сплавов черных и цветных металлов в сырых и сухих литейных формах.

Методы исследования: гидравлическая регенерация обратной смеси; определение содержания глинистой составляющей и свойств в сыром и в сухом состоянии по стандартным методикам.

Результаты исследования: обеспечено значительное повышение свойств обратной смеси после проведения гидравлической регенерации общей продолжительностью не более 8 мин., добавлением 15% свежего песка и 7% бентонитовой глины, перемешивая не менее 10 мин. Использование регенерированной смеси в значительной степени уменьшает количество дефектов отливок.

Значимость работы: простая и доступная любому предприятию технология восстановления свойств больших объемов оборотных смесей, результатом которой является ресурсосбережение и повышение качества литья.

Области применения: литейное производство; изготовление отливок из чугуна, стали, алюминиевых сплавов в формах из песчано-глинистых смесей, которые заливают в сыром или в сухом состоянии.

Экономическая эффективность - условный экономический эффект 173 863,50 грн

Прогнозируемые предположения: производственное внедрение на ряде литейных предприятий с многократным использованием оборотных смесей песчано-глинистого типа. Ориентировочная периодичность процесса регенерации для цехов мелкосерийного производства - 1 раз в год.

СВОЙСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ, СВОЙСТВА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ, ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ, ГЛИНИСТАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ, ОБОРОТНАЯ СМЕСЬ, ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТАЯ СМЕСЬ, СВЕЖИЙ ПЕСОК

ABSTRACT

Thesis: p.117, Fig. 25, Tab. 21, Primary sources 23.

Object – Reversible sand-clay mixture formation in the raw and dry..

Subject of investigation – physical and mechanical properties and technological properties formation in the raw and dry; their dependence on the intensity of regeneration, the content of fresh sand and bentonite clay, the duration of mixing.

Purpose – to development of the process of regeneration and refrigeration of reversible sandy-clay mixture for the production of castings of ferrous and nonferrous alloys in raw and dry molds.

Research Methodology – hydraulic regeneration of a reversible mixture; Determination of the content of clay component and properties in raw and dry state by standard methods.

Results – a significant increase in the properties of the recycled mixture after regeneration with a total duration of 8 minutes is provided, adding 15% fresh sand and 7% bentonite clay, stirring for 10 minutes. The use of a regenerated mixture greatly reduces the number of defects in castings.

Significance of work – a simple and accessible technology for any enterprise to restore the properties of large volumes of recyclable mixtures, the results of which are resource conservation and improving the quality of casting.

Scope – foundry production; manufacture of castings of cast iron, steel, aluminum alloys in the form of sand-clay mixtures, which are poured in raw or dry state.

Economic efficiency – conditional economic effect 173 863,50 UAH.

Projected assumptions – production introduction of foundry enterprises with multiple use of recycled mixtures of sand-clay type. Periodicity of the regeneration process for small-scale production plants is 1 time per year.

RELATIVE MIXTURE, SAND-CLAY MIXTURE, CLAY CONSTITUENT, FRESH SAND, PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES, TECHNOLOGICAL PROPERTIES, HYDRAULIC REGENERATION

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД ПРОЦЕСІВ ПРИГОТУВАННЯ І РЕГЕНЕРАЦІЇ ФОРМУВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ.....	9
1.1 Склад та область використання формувальних піщано-глинястих сумішей.....	9
1.2 Роль сумішей у забезпеченні якості виливків	17
1.3 Технології регенерації та відновлення властивостей сумішей	21
1.3.1 Механічна регенерація.....	24
1.3.2 Пневматична регенерація.....	25
1.3.3 Гідравлічна регенерація.....	25
1.3.4 Термічна регенерація.....	26
1.3.5 Приготування сумішей.....	26
1.4 Висновки та постановка задач.....	27
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
2.1 Матеріали для приготування суміші.....	30
2.2 Методика регенерації суміші	31
2.3 Приготування суміші	31
2.4 Визначення властивостей.....	32
2.4.1 Вміст глинястої складової.....	32
2.4.2 Контроль гранулометричного складу.....	33
2.4.3 Міцність у сирому стані.....	33
2.4.4 Міцність у сухому стані.....	33
2.4.5 Обсипаємість.....	34
2.4.6 Газопроникність.....	35
2.4.7 Текучість.....	35
2.4.8 Ущільнювальність.....	36
2.4.9 Формувальність.....	36
2.4.10 Вологість.....	37
3 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ УНІВЕРСАЛЬНОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ СУМІШІ.....	38
3.1 Зміна гранулометричного складу суміші в процесі гідравлічної регенерації.....	38

3.2	Вплив добавок свіжого піску на властивості формувальної суміші....	40
3.3	Дослідження впливу тривалості і інтенсивності гідравлічної регенерації на властивості формувальної суміші.....	45
3.4	Вплив тривалості приготування суміші на її властивості.....	52
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
4.1	Вступ.....	56
4.2	Аналіз параметрів мікроклімату в приміщенні	56
4.3	Аналіз освітленості приміщення.....	59
4.4	Аналіз рівня шуму	61
4.5	Аналіз запиленості повітря робочої зони пилом	62
4.6	Електробезпека.....	63
4.7	Пожежна безпека.....	64
4.8	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	66
5	ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	70
5.1	Науково-технічна актуальність теми дослідження	70
5.2	Розрахунок витрат на проведення дослідження	71
5.2.1	Витрати на оплату праці.....	71
5.2.2	Єдиний соціальний внесок.....	73
5.2.3	Матеріали, необхідні для проведення досліджень.....	73
5.2.4	Визначення інших прямих неврахованих витрат.....	74
5.2.5	Накладні витрати.....	74
5.2.6	Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми....	75
5.3	Визначення очікуваних результатів та розрахунок показників економічної ефективності	76
5.4	Висновки до розділу.....	78
6	РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	79
6.1	Опис ідеї проекту.....	79
6.2	Висновки до розділу 6.....	84
	ВИСНОВКИ.....	85
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	86
	ДОДАТКИ.....	88

ВСТУП

Литтям в піщано-глинисті форми виготовляють близько 80% за масою отримуваних у світі виливків. Для такого процесу суміші мають різний склад (основою є оборотна суміш, вміст якої під час виготовлення сирих форм становить – 40...100%, сухих – 20...90%) та технологічні вимоги.

Комплекс властивостей суміші із лабораторії кафедри ливарного виробництва чорних та кольорових металів робить її універсальною для виготовлення сирих і сухих форм і отримання виливків із залізовуглецевих і кольорових сплавів. Впродовж багатьох років її багаторазово використовували для виготовлення художніх та навчально-лабораторних виливків, при цьому її жодного разу не регенерували, а лише проводили мінімальне освіження суміші.

Актуальність роботи. Відновлення властивостей універсальної піщано-глинястої суміші є одним з найважливіших питань, так як це дасть змогу забезпечити стабільність формоутворюючого процесу і отримати більш якісні виливки.

Знизити вміст неактивної глинястої складової та пилоподібних домішок, підвищити міцність і газопроникність у сирому стані допоможе проведення гідравлічної регенерації.

Наукова новизна. В роботі представлено результати п'яти етапів гідравлічної регенерації та порівняльна характеристика показників фізико-механічних та технологічних властивостей суміші у сирому та сухому станах на різних етапах регенерації.

Також приведена залежність комплексу властивостей суміші як в сирому так і в сухому станах від поступового збільшення тривалості її перемішування.

Практичне значення отриманих результатів.

Результати даних отриманих у дисертації дають змогу забезпечити збільшення міцності в сирому та сухому станах, покращення газопроникності, зниження обсипаємості в сухому стані. Результати даної роботи можуть бути рекомендовані для відновлення усього обсягу лабораторної суміші.

1 ОГЛЯД ПРОЦЕСІВ ПРИГОТУВАННЯ І РЕГЕНЕРАЦІЇ ФОРМУВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ

1.1 Склад та область використання формувальних піщано-глинястих сумішей

Виготовлення «сирих» піщано-глинястих форм (зв'язувальний компонент – бентоніт) є найпоширенішим процесом виготовлення разових піщаних форм у світі. Цей процес характеризується перш за все високими обсягами виробництва, низькими виробничими витратами, а також легкістю в управлінні. Очікується, що він і надалі залишиться основним в області ливарного виробництва.

Для сирих піщано-глинястих форм економічно найефективнішим матеріалом є бентоніт. У країнах СНД для потреб ливарного виробництва на даний час споживається близько 15% всього використовуваного в них бентоніту, тоді як в Європі цей показник становить понад 50% [3].

Частка лиття, одержуваного в сирих формах, складає в Японії – 40%, Німеччині – 40%, Англії – 39%, Франції – 39%. Більш свіжі дані маркетингових досліджень фірми "IKO Minerals GmbH" свідчать, що в загальному обсязі випуску лиття промислово розвинених країн 65...70% сталевих і чавунних виливків виготовляють у формах з піщано-глинястих сумішей (ПГС) і ця тенденція буде зберігатися в майбутньому. Витрата бентоніту на виготовлення 1 т виливків з чавуну на даний час складає 60...90 кг, а із сталі – 90...120 кг.

За останні два десятиріччя в Європі величезну увагу приділено технології виробництва виливків у сирих піщано-глинястих формах, що призвело до значного вдосконалення формувального обладнання, а також методів ущільнення формувальної суміші. В результаті стало можливим виробляти геометрично точні виливки складної конфігурації, в конструкціях

яких наявні дуже тонкі стінки. В результаті всіх цих змін зросли і вимоги, які пред'являються до формувальної суміші.

У масовому виробництві до 60...70% виливків виготовляють в разових формах із сирих ПГС. При використанні механізованих і автоматичних формувальних ліній, в основному, застосовують єдині ПГС. Переваги такої технології:

- відносно невисока, порівняно з іншими процесами, вартість виливків;
- можливості отримання виливків складної конфігурації, при менших витратах на виготовлення оснащення;
- менші, у порівнянні з іншими ливарними процесами, виділення шкідливих речовин;
- можливість регулювання якості виливків – чистоти поверхні, геометричної точності і т. п., за рахунок підбору оптимальних рецептур сумішей і режиму їх ущільнення, застосування спеціальних покриттів.

Один із основних «інструментів» цієї технології – єдина ПГС. Її склад і властивості зазвичай підбирають залежно від способу ущільнення, розміру і конструкції опок, способів їх транспортування і вибивання, а також вимог до якості поверхні і геометричної точності виливків. При цьому основна проблема – підтримка заданих складу і властивостей суміші в процесі її рециркуляції або багаторазових оборотів, що досить складно, так як в умовах багатоміністерного виробництва можуть істотно змінюватися теплові навантаження на суміш при виготовленні виливків різної маси, кількість використовуваних стрижнів і їх «перегорілих» залишків, які потрапляють в оборотну суміш при вибиванні, величини втрат суміші з виливками, з вентиляцією і т. д. До недавнього часу облік всіх цих змінних факторів був неможливим, що призводило до різких коливань складу суміші [4].

Глина являє собою гірську породу полімінерального землистого виду, яка утворює із водою пластичну масу, здатну зберігати надану їй форму.

У складі глин розрізняють глинясту та неглинясту частини, органічні домішки, обмінні іони та солі. Глиняста частина представлена гідросилікатами алюмінію, які називаються глинястими мінералами [5].

Головні мінерали глин: каолінит ($\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ – скорочено $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), монтморилоніт (від Ca, Na) (Mg, Fe_2) $(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ до (Na, Ca) $(\text{Al}, \text{Mg})_2 \cdot [\text{AlSi}_3\text{O}_{10}] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – скорочено $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, гідрослюди $(\text{K}_x(\text{H}_2\text{O})_N\text{Al}_2[\text{Si}_{4-x}\text{Al}_x\text{O}_{10}](\text{OH})_2)$ – де $x \leq 0,5$, $N \leq 1,5$.

Глинясті мінерали є представниками групи шаруватих силікатів. У основі будови більшості з них лежать два структурних елементи [6]. Перший – глиноземний елемент – складається із двох шарів щільно упакованих атомів кисню або гідроксильних груп, між якими на однаковій відстані в октаедричній координації розташовуються атоми алюмінію. Глиноземні (алюмокисневі) шари мають склад $\text{Al}(\text{OH})_6$. Другий елемент складається із кремнекисневих тетраедрів, у яких атом кремнію рівновіддалений від чотирьох атомів кисню або гідроксильних груп. Це кремнеземний шар.

Формувальні глини поділяють на три основні класи [1, 7]:

1. Бентонітові – основним мінералом у них є монтморилоніт (від 30% до 90%).
2. Каолінові – основним мінералом є каолінит.
3. Полімінеральні – основним є інший глинястий мінерал, або жоден із глинястих мінералів не переважає за відсотковим складом.

Найбільш об'єктивним параметром якісної оцінки глини у формувальних сумішах є поняття «активна глина», під яким розуміють вміст у суміші виключно глинястих мінералів, які мають зв'язувальну здатність [7].

Зв'язувальна здатність глин виражається у двох основних параметрах:

1. Схильність до водопоглинання та набухання. Ця схильність, у свою чергу, залежить від:
 - будови кристалічної ґратки;
 - міжшарової відстані у кристалічній ґратці.
2. Схильність до іонного обміну. Вона залежить від:

- наявності у кристалічній ґратці іонів активних металів (Na, K, Ca, Mg);
- незрівноваженості заряду кристалічної ґратки.

Кристалічна ґратка монтморилоніту (рис. 1.1, а) складається із двох кремнеземних шарів і розташованого між ними глиноземного шару. Така структура здатна до активного водопоглинання (залучення молекул води у міжшарові проміжки). Кристалічна ґратка каолініту складається із одного кремнеземного і одного глиноземного шарів. Міцний зв'язок структурних шарів у кристалах каолініту за допомогою водневих зв'язків ускладнює можливість проникнення дисперсійного середовища (води) у міжплощинний простір. Молекули води можуть лише адсорбуватись на поверхні із ОН-груп.

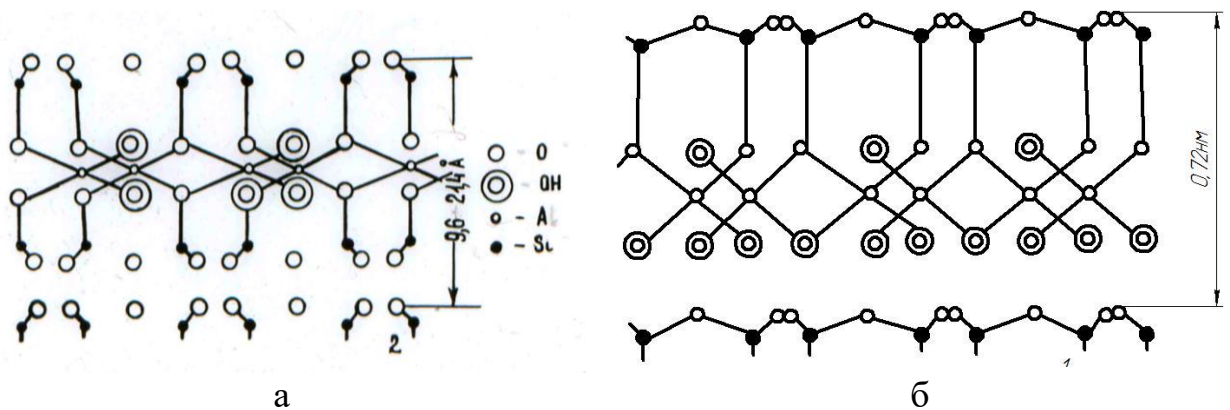


Рисунок 1.1 – Схеми будови кристалічних ґраток монтморилоніту (а) і каолініту (б)

Міжшарова відстань у ґратці монтморилоніту 0,96 нм, а у каолініту 0,72 нм. Це є другим фактором, який погіршує здатність до водопоглинання каолінових глин. Внаслідок активного поглинення води міжшарова відстань монтморилоніту збільшується у три рази – до 2,14 нм, а частинка глини при цьому збільшується в об'ємі у 10...15 разів [7].

При нагріванні волога випаровується, і глинясті оболонки в суміші переходять із пластичного (м'якого) стану в твердий, тим самим значно збільшуючи міцність системи. Але для бентонітових глин процес висушування спостерігається значною усадкою, і через це кінцева міцність менша у порівнянні з каоліновою глиною [8].

Кожен з етапів видалення води, а також розпаду глинястої речовини на вільні молекули глинозему і кремнезему, супроводжується зростанням міцності. Збільшення рівня міцності при руйнуванні глинястої речовини (при стисканні до 4...7 МПа при 15% глини в суміші) пояснюється тим, що зв'язувальна дія глини зумовлена не міцністю її окремих кристалів, а ступенем їх зв'язку між собою. Молекули, які раніше належали двом різним кристалам, при руйнуванні ґратки можуть досягти більшого контакту між собою і стати більшою мірою взаємозв'язаними. Матеріал формувальної суміші стає за таких умов більш однорідним, а тому міцним. У результаті вибиваємість виливків із глинястих форм може бути ускладненою за умови їх значного прогрівання [9].

Форми, виготовлені з піщано-бентонітових сумішей, використовують для формовки по-сирому. Форми з піщано-каолінової суміші сушать при температурах 200...350 °С.

Поставляють глини у порошкоподібному або у комовому вигляді. Для порошкоподібного стану ГОСТ 3226-93 регламентує гранулометричний склад, згідно з яким залишок глини на сітці при просіванні її не повинен перевищувати 3% на ситі з розміром вічка 0,4 мм та 10% на ситі з розміром вічка 0,16 мм, тобто більше 87% за масою глини повинна мати часточки, розмір яких менше 0,16 мм.

Вологість регламентується тільки для комової глини і має не перевищувати 10%.

Склад і властивості піщано-глинястих сумішей наведено у табл. 1.1...1.3.

Таблиця 1.1 – Склад і властивості піщано-бентонітових сумішей для формовки по-сирому чавунних виливків

Суміш і спосіб формоутворення	Масова група виливків	Склад формувальної суміші, %					Властивості суміші			
		оборотна суміш	кварцовий пісок	бентоніт	мелене вугілля або заміник	добавки	вологість, %	міцність при стисканні, МПа	газопро-никність, од	вміст активного бентоніту, %
Єдина для автоматичних ліній безопочної формовки	до 10 кг	93...98	2,5...6,0	0,2...1,0	0,1...1,2	0,02...0,06 крохмальні	3,2...4,0	0,17...0,21	>100	7...8
Єдина для автоматичних пресових ліній	дрібні	91...96	3...7	1,2...3,0 бентоніто-вугільної суспензії		0,02...0,04 крохмальні	3,1...3,5	0,15...0,19	>100	6...7
	середні	88...93	6...10	0,5...1,5	0,5...1,0	0,01...0,03 ПАР	3,5...4,0	0,09...0,14	>120	6...7
Єдина для машинної формовки струшуванням з допресовкою	дрібні	93...94	5...6	0,5...1,0	0,5...1,0 пек	-	3,5...4,5	0,05...0,07	>100	4,0...5,5
	середні	90...95	3...8	1,0...2,5	1,0...1,5	0,1...0,5 мазут	3,5...4,5	0,04...0,06	>100	4,5...6,0
Облицювальна для машинної формовки струшуванням з допресовкою	середні	40...75	20...50	4,0...8,0	1,0...2,0	1,0...1,5 ЛСТ	4,0...5,0	0,04...0,06	>130	4,0...5,5
Наповнювальна для машинної формовки	середні	95...100	0...3	-	-	-	3,5...4,5	0,03...0,05	>130	2,0...4,0
Єдина для імпульсної та інших динамічних способів формовки	дрібні	85...90	5...10	4,0...7,0	0,5...1,0	0,02...0,06 крохмальні	3,0...3,5	0,18...0,22	>95	8,5...9,5

Таблиця 1.2 – Склад і властивості піщано-бентонітових сумішей для формовки по-сирому сталевих виливків

Суміш і спосіб формоутворення	Масова група виливків	Склад формувальної суміші, %				Властивості суміші			
		оборотна суміш	кварцовий пісок	бентоніт	добавки	вологість, %	міцність при стисканні, МПа	газопро-никність, од	вміст активного бентоніту, %
Єдина для автоматичних ліній безопочної формовки	До 10 кг	92...95	5...8	1,2...2,0	0,05...0,10 крохмальні	3,1...3,5	0,17...0,21	>100	7,0...8,0
Єдина для автоматичних пресових ліній	дрібні	82...92	6...12	3,0...6,0	0,05...0,10 крохмальні; 0,01...0,03 ПАР	3,5...4,5	0,09...0,13	>120	5,5...7,0
Єдина для машинної формовки струшуванням з допресовкою	дрібні	88...92	5...7	2,5...4,0 (суспензія)	0,04...0,08 крохмальні	3,5...5,0	0,05...0,07	>120	4,5...5,5
Облицювальна для машинної формовки струшуванням з допресовкою	дрібні	40...80	16...53	6...10	0,01...0,03 ПАР; 5...10% пилоподібний кварц	3,5...4,0	0,04...0,06	>100	4,5...5,5
	середні	40...60	33...51	10...13	1,0...1,5 ЛСТ	4,5...5,5	0,05...0,07	>130	5,5...7,0
Наповнювальна для машинної формовки	дрібні, середні	95...100	2...5	-	-	3,5...4,5	0,03...0,05	>130	3,0...4,0
Єдина для імпульсної та інших динамічних способів формовки	дрібні	85...90	5...10	6,0...8,0	0,01...0,03 ПАР	3,0...3,5	0,18...0,22	>95	8,5...9,5

Таблиця 1.3 – Склад і властивості піщано-глинястих сумішей для формовки по-сухому

Масова група виливків	Склад формувальної суміші, %					Властивості суміші			
	оборотна суміш	кварцовий пісок	каолінова (полі- мінеральна) глина	добавки		вологість, %	міцність при стисканні в сирому стані, МПа	міцність при розриві у сухому стані, МПа	газопро- никність, од
				протипригарні	технологічні				
Середні чавунні	30...90	10...70	5...10	3,0...5,0 вугілля, кокс; 1,5...3,0 ДП	3,0...5,0 ошурки	5,0...8,0	0,03...0,06	0,1...0,2	>50
Крупні чавунні	40...70	30...60	10...15	3,0...5,0 вугілля, кокс	3,0...5,0 ошурки, 2...4 ЛСТ	7,0...9,0	0,05...0,06	0,15...0,25	>60
Середні сталеві	40...60	40...60	7...12	4,0...5,0 азбест	2,0 ЛСТ	5,0...7,0	0,03...0,05	0,15...0,25	>60
Крупні сталеві	20...50	40...60	10...15	4,0...5,0 азбест	3,0 ЛСТ	5,0...8,0	0,05...0,06	0,15...0,25	>60

1.2 Роль сумішей у забезпеченні якості виливків

Загалом за сучасною класифікацією [10] існує 5 груп дефектів литих деталей:

- невідповідність геометрії (налічує 14 різних дефектів);
- дефекти поверхні (13 різновидів);
- несущільності в тілі вилівка (16 різновидів);
- вкраплення (4 різновиди);
- невідповідність структури (3 різновиди).

Із 50 загальновідомих дефектів 22 (або 44%) тією чи іншою мірою пов'язані із якістю ливарної форми і виникають через її незадовільні властивості. До переліку таких дефектів відносяться недолив, обтиск, подутість, стрижневий залив, незалив, прорив металу, пригар, ужимина, наріст, просік, груба поверхня, газова шорсткість, засміченість, гаряча тріщина, холодна тріщина, газова раковина, ситоподібна раковина, піщана раковина, газова пористість, скипання, неметалеві вкраплення, відбіл.

Формування по-сирому з успіхом може застосовуватися для широкого асортименту виливків, але для цього суміш повинна готуватися з якісних і добре підготовлених матеріалів (тонко розмелені глини, кам'яне вугілля та ін.) І повинен бути ретельний лабораторний контроль якості сумішей. Повинна дотримуватися сувора технологічна дисципліна в частині дотримання наступних параметрів при підготовці суміші:

- коливання вологості суміші мають бути мінімальні, $\pm 0,1...0,2\%$;
- оборотна суміш має бути попередньо охолоджена, оскільки тільки за рахунок цього можна підняти міцність на 20...25% при інших рівних умовах;
- суміш має бути ретельно перемішано.

Обстеження зарубіжних ливарних цехів показало, що 45...55% втрат від браку виливків обумовлено коливаннями складу і, відповідно, властивостей ПГС. Відмінності в їх властивостях пов'язані:

- на 10...20% – з неточністю дозування і незадовільною роботою сумішеприготувального обладнання;
- на 20...25% – з коливаннями властивостей вихідних матеріалів;
- на 40...60% – з нестабільним складом оборотної ФС внаслідок різної термонагрузки при виготовленні виливків [4].

Підвищення якості виливків у сирих формах може бути досягнуто шляхом введення в формувальну суміш спеціальних добавок, які регулюють ті чи інші властивості. Добавки в сирих піщано-бентонітових сумішах можуть бути класифіковані в такий спосіб:

- протипригарні;
- протиужиминні;
- поліпшують технологічні властивості суміші – такі як формувальність, ущільнювальність, текучість;
- стабілізатори вологості.

Останнім часом зросли вимоги до формувальних сумішей. Ще більш актуальною стала необхідність регулювати її властивості відповідно до особливостей номенклатури виливків, а також для забезпечення максимальної ефективності роботи автоматичної формувальної лінії.

Бентоніт є найважливішим компонентом суміші, і його властивості багато в чому зумовлюють якість форми. Найважливішими показниками якості бентоніту є міцність суміші при стисканні, міцність при розриванні в зоні конденсації вологи, термостійкість, швидкість засвоєння води, а також залишкова міцність у висушеному стані, чим зумовлюється вибиваємість форм. Непрямими показниками якості бентоніту є такі показники як колоїдальність і величина водопоглинання.

Вода – одна з важливих складових ПГС, яка значною мірою визначає їх основні властивості – міцність, здатність до ущільнення, газотвірність, вибиваємість, схильність до утворення багатьох дефектів виливків [11]. Фактично вода у формі є вкрай небажаним компонентом з точки зору якості одержуваних виливків, але без неї неможливо забезпечити необхідну

зв'язувальну здатність бентоніту. Тому бажано працювати з сумішшю з мінімальним вмістом води.

Формувальна суміш має володіти комплексом властивостей, які забезпечують високу якість виливків і задану продуктивність лінії [1].

Слід чітко контролювати і підтримувати на заданому рівні параметри, які визначають якість формувальної суміші: ступінь зволоження бентоніту (співвідношення вода: бентоніт), вміст активного бентоніту, вміст активної вуглецевої добавки, режими перемішування суміші, загальний вміст вологопоглинальних часток дрібної фракції, враховуючи, що на кожен її відсоток необхідно вводити в середньому близько 0,3% додаткової води, що несприятливо позначається на властивостях суміші і якості виливків.

З урахуванням цих міркувань, практичний вміст дрібної фракції в єдиних формувальних сумішах, залежно від специфіки виробництва виливків, має становити 9...12%.

Найважливішими властивостями формувальних сумішей, які завжди регламентуються і контролюються, є вологість, газопроникність, міцність по-сирому і міцність по-сухому (для стрижнів і форм, висушуваних перед заливанням).

Решта властивостей – схильність до утворення пригару, газотвірність, формувальність, гігроскопічність, міцність при високій температурі, податливість, прилипаємість, вибиваємість, схильність до утворення ужимин, зазвичай відпрацьовуються при підборі складу формувальної суміші і потім періодично контролюються.

Як показують результати численних досліджень і практика роботи ливарних цехів, коливання складу та властивостей ПГС – основна причина «раптових» спалахів дефектів і браку виливків – ужимин, «вибухового» пригару, ситоподібної пористості, обвалу тощо. Внаслідок недостатньої ефективності і частоти контролю сумішей причини цих спалахів браку в більшості випадків залишаються невстановленими. Точна діагностика причин утворення багатьох дефектів ускладнюється й тим, що один і той же

дефект може бути викликано різними причинами і, навпаки, різні дефекти можуть мати загальні причини утворення.

Одночасне підвищення міцності і зниження ущільнювальності (підвищення насипної щільності) може призвести до виникнення «вибухового» пригару. Протипригарні компоненти суміші – вугілля, мазут та інші, обумовлюючи виділення піролітичного (блискучого) вуглецю, сприяють запобіганню пригару на чавунних виливках. Але при збільшенні їх вмісту вище оптимального рівня внаслідок надлишку блискучого вуглецю може виникнути дефект «складчастість». Чим більше відхилення складу і властивостей сумішей від оптимальних, тим важче наслідки.

Важливий компонент суміші (не баласт!) – неактивна частина загальної глинястої складової, при підвищенні якої в складі суміші зменшується витрата свіжого піску. Критичний вміст загальної глинястої складової для високоміцних сумішей – 15%, вище починається утворення грудок, підвищується ймовірність виникнення ужимин і «вибухового» пригару [4].

На практиці суміш з вологістю, яка відповідає максимальній міцності, непридатна для отримання якісних форм. Робоча вологість в середньому в 1,3...1,4 рази має бути вища за оптимальну. Це відповідає вологості 3,0...3,8% [3]. Тут має значення факт, що з усієї маси води, яка вводиться в суміш, бентонітом адсорбується лише частина. Інша частина води змочує суміш, забезпечуючи її текучість і пластичність, але одночасно знижує міцність.

До добавок, які стабілізують вологість сумішей, відносяться продукти, які містять крохмаль. Вони покращують відбиток моделі і підвищують міцність суміші у вологому і сухому станах, а також у зоні конденсації вологи, знижують обсипаємість форм, оберігають кромки форми від передчасного обсихання. Ці добавки поліпшують також вибиваємість виливків з форм [1, 12, 13].

1.3 Технології регенерації та відновлення властивостей сумішей

Основу будь-якої формувальної суміші складає наповнювач, вміст якого, як правило, більший за 90%. Наповнювачі являють собою вогнетривки різного мінералогічного складу. При цьому відомо, що формувальна суміш, яка вже була використана для виготовлення разових форм, може бути використана повторно один чи декілька разів.

Оборотна суміш – це формувальна (стрижнева) суміш, яка після вибивання форми використовується як наповнювач для приготування нової суміші. У масовому виробництві оборотні суміші складають понад 80% усієї маси ПГС.

Відпрацьована суміш – формувальна (стрижнева) суміш, яка після вибивання форми не може бути використана повторно і вивозиться у відвали.

У відпрацьованих сумішах, які вивозяться у відвал, міститься до 80% кварцового піску і до 8% металу. Для відвалів відпрацьованих сумішей необхідні великі земельні площі. Щорічно вивозиться у відвали близько 80% відпрацьованих сумішей (від загального об'єму), для перевезення яких потрібні тисячі залізничних вагонів. Тому багаторазове використання формувальних матеріалів є важливою проблемою ливарного виробництва. Це є добрим прикладом ресурсощадної технології.

Перероблення формувальних сумішей, які були у використанні, має мету наблизити (відновити) властивості формувальних пісків у них до властивостей свіжих пісків. Таке перероблення називають регенерацією. Вона має величезне економічне й екологічне значення.

Регенерат – це оборотна суміш, яка пройшла ряд послідовних операцій очищення (регенерацію). За мінералогічним і гранулометричним складом регенерат наближений до свіжого піску.

З точки зору можливості повторного використання вибиті з форм суміші можна поділити на три групи [8]:

– формувальна суміш, вибита з опок ($4...12 \text{ м}^3/\text{тонну}$ виливків, або $90...95\%$ усієї формувальної суміші). Значна частина її після перероблення використовується повторно;

– стрижнева суміш, вибита з виливків ($0,60...0,75 \text{ м}^3/\text{тонну}$ виливків). Через значне прогрівання стрижнів, основна частина цієї суміші спікається. Тому повторному використанню підлягає лише $30...60\%$, решта йде у відвал;

– формувальна суміш, видалена з поверхні виливків при їх очищенні ($0,16...0,35 \text{ м}^3/\text{тонну}$ виливків, або $5...10\%$ усієї формувальної суміші). Ця суміш повторно не використовується через значні зміни її властивостей.

Загальну кількість формувальних сумішей, які йдуть у відвал, необхідно компенсувати введенням свіжих формувальних матеріалів – піску і глини. Для середнього машинобудівного литва кількість свіжих матеріалів дорівнює $0,7...0,9 \text{ м}^3/\text{тонну}$ виливків [8].

Відомо, що при заливанні металу і при подальшому контакті його з формою (її компонентами) у шарі формувальної суміші, який прогрівається до високих температур, відбувається ряд фізичних, хімічних і фізико-хімічних змін: модифікаційні перетворення кварцу, які призводять до збільшення кількості пилу в суміші, горіння та розклад зв'язувальних та інших органічних добавок, що призводить до утворення золи, коксу, сажистого вуглецю й запилення сумішей. Формувальні глини при втраті кристалізаційної води при нагріванні втрачають зв'язувальну здатність і також наповнюють суміш пилом.

Пилоподібна фракція піску закупорює пори між піщинками, поглинає зв'язувальний компонент, в результаті цього практично не надає міцності і знижує газопроникність формувальних сумішей. Тому пилоподібну фракцію необхідно видаляти з оборотних сумішей для повторного їх використання.

Якщо термін виготовлення крупних виливків досить великий, а освіження не коригується, властивості ПГС можуть різко змінитися. Відбувається перерозподіл складу так званої глинястої фракції в бік збільшення відносної кількості неактивних дрібних частинок, які зазвичай не

повинні перевищувати 30...50% від активного бентоніту. При зменшенні їх кількості зазвичай збільшується чутливість суміші до перезволоження, тобто зменшується різниця допустимої вологості суміші в одному і тому ж інтервалі ущільнювальності (насипної щільності). Збільшення кількості неактивних дрібних частинок в суміші понад допустиме призводить до утворення грудок в суміші, погіршення умов ущільнення форми і якості поверхні виливків, збільшення трудомісткості очисних робіт [4].

Легкоплавкі домішки, які вміщують лужні сполуки, призводять до спікання окремих зерен піску і утворення міцних шматків (грудок) суміші. Ці грудки необхідно подрібнити, відсіяти крупні шматки і видалити утворений пил.

При складанні форми використовуються також різні допоміжні матеріали: гачки, цвяхи, формувальні шпильки тощо. Усі ці металеві предмети після вибивання форми залишаються в оборотній суміші. Але їх наявність там є небажаною з точки зору приготування нової суміші. Тому металеві частинки потрібно обов'язково видалити.

Після значного термічного удару, який сприймає на себе формувальна суміш при заливанні розплавом, деякі зерна наповнювача внаслідок швидкого проходження поліморфних перетворень кварцу розтріскуються і розпадаються на частини неправильної (складної) форми. Наявність таких зерен наповнювача в оборотній суміші значно знижує властивості. На жаль, якимось чином відокремити ці зерна або виправити їх форму неможливо.

Основні операції регенерації [7]:

- видалення металевих частинок (краплі та бризки металу, формувальні шпильки і т. ін.);
- видалення спечених шматків, їх розмелювання і просіювання;
- очищення піщинок від плівок затверділих зв'язувальних компонентів;
- видалення пилоподібної фракції;
- класифікація піску за зерновим складом.

Можливість відновлення властивостей сумішей (проведення регенерації) залежить від того, який зв'язувальний компонент використаний в ній. З точки зору зручності відновлення і багаторазового використання суміші класифікуються у вигляді табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Придатність для регенерації сумішей з різними ЗК

Придатні до багаторазового використання із незмінним рівнем властивостей	Придатні до повторного використання після неповної регенерації	Необхідна повна регенерація	Регенерація практично неможлива
Формувальні глини, ЛСТ,	Масла, полісахариди, цементи, гіпс, смоли карбамідні, фосфати	Смоли карбамідо-фуранові, фенол-формальдегідні, феноло-фуранові, поліфуранові	Рідке скло, гіпс, етилсилікат

Суміші з формувальними глинами підлягають процесу регенерації й багаторазовому використанню.

1.3.1 Механічна регенерація

Суміш, вибита з опок, перетирається між двома дисками з абразивного матеріалу, зазор між якими становить розмір у декілька піщинок. Таким чином, піщинки труться не тільки об абразивну поверхню, а й між собою. При цьому відбувається подрібнення спечених грудок, а в основному – відтираються плівки зв'язувальних компонентів з поверхонь зерен піску.

Одним із різновидів механічних способів регенерації є дробометна. В останні роки при безопочному формуванні об'єднують вибивання та очищення виливків з допомогою дробу на автоматичних лініях. У барабанах

безперервної дії потік дробу розбиває ком форми, спечені грудки, очищує поверхню виливків і частково видаляє плівки зв'язувальних компонентів (глини, ЛСТ тощо), які мають невелику міцність зчеплення з поверхнею піщинок. Такі лінії мають високу продуктивність.

1.3.2 Пневматична регенерація

Суть пневматичного методу регенерації полягає у використанні енергії високошвидкісного повітряного потоку під тиском 0,02...0,03 МПа [8]. Для цього суміш розганяють повітряним напором, а потім її рух різко гальмують при ударі об відбійний щит (ковпак). Піщинки при цьому піддаються удару і тертю, в результаті чого інертні плівки відокремлюються від піщинок.

Пневматична регенерація є єдиним способом, при якому можливо відновити властивості суміші з рідким склом. Швидкість розгону рідкоскляних сумішей має бути 46...50 м/с, число циклів перегонки піску 8...10. За такого режиму пневматична регенерація дозволяє майже повністю звільнити поверхні піщинок від оболонок затверділого рідкого скла.

Для піщано-глинястих формувальних сумішей достатньо швидкості розгону суміші 25 м/с.

1.3.3 Гідравлічна регенерація

Спосіб полягає у відмиванні від піщинок пилоподібної фракції і плівок зв'язувального компонента у потоці проточної води з наступним висушуванням.

Суміш заливають водою і спрямовують потік з великою швидкістю. На шляху потоку розташовані ємності (відстійники) для осідання піску. При цьому важкі зерна піску осідають у першому відстійнику, а більш легкі – залишаються підвішеними у воді й осідають у наступних відстійниках. Пилоподібна фракція уноситься потоком води і не осідає.

Гідравлічна регенерація дозволяє видалити з суміші формувальну глину або різні водорозчинні зв'язувальні компоненти, активувати поверхню зерен піску і розділити пісок за величиною зерна. Великою перевагою цього способу є відсутність пилу.

Недоліками способу є велика витрата води (15 м³/тонну суміші) для промивання піску і для освітлення відпрацьованої води, необхідність зневоднення і наступного сушіння піску, на яке додатково витрачається паливо, і потреба у великих виробничих площах.

1.3.4 Термічна регенерація

При цьому способі оборотна суміш прожарюється у печах при 500...800 °С з наступним охолодженням і повітряною сепарацією.

Плівки зв'язувального компонента та усі органічні складові вигорають. Спосіб використовується для сумішей з органічними зв'язувальними компонентами (особливо із смолами). У результаті прожарювання піску активується його поверхня, що сприяє підвищенню міцності сумішей. Спосіб найдорожчий через значні витрати енергії на нагрівання і наступне охолодження, тому його раціонально використовувати для дорогих сумішей, наприклад на основі цирконового піску із синтетичними смолами.

1.3.5 Приготування сумішей

Найважливішим процесом, який відбувається при перемішуванні, є нанесення плівок зв'язувального компонента на поверхню зерен наповнювача. Науково обґрунтовано залежність товщини плівок зв'язувального компонента від його поверхневого натягу. Так, синтетичні смоли, які мають низький поверхневий натяг, утворюють найтонші плівки (2...3 мкм), і при низькому вмісті таких зв'язувальних компонентів (1...2%) у суміші досягається висока міцність. Щодо формувальної глини, то утворена

нею в суміші водо-глиняста паста має високий поверхневий натяг, товщина утворених плівок 30...40 мкм, і тому вміст глини в суміші має складати 4...12% [7, 8].

Якщо піщинки мають неправильну геометричну форму й дефекти на поверхні (тріщини, раковини тощо), на них витрачається більша кількість зв'язувального компонента. Суміші з округлою формою зерен потребують меншої кількості зв'язувального компонента.

При збільшенні тривалості перемішування ступінь розосередження зв'язувальних плівок по поверхні піщинок збільшується, що призводить до підвищення міцності суміші.

ПГС в умовах сучасного ливарного виробництва є багатокомпонентною системою багаторазового використання, яка складається з наповнювача, зв'язувальних матеріалів, води і різних технологічних добавок.

Для забезпечення сталості складу і властивостей суміші, що знаходиться в обороті, необхідно стабілізувати загальну кількість цієї суміші і співвідношення між окремими її компонентами. Загальна кількість оборотної суміші зазвичай залежить не тільки від обсягу випуску виливків, але і від оборотності суміші. На оборотність суміші впливають як її загальна кількість в цеху, так і співвідношення між витратою суміші на формування і випуском придатних виливків. Залежно від маси виливків, це співвідношення коливається від 5:1 до 20:1, причому зі зменшенням маси воно зростає.

1.4 Висновки і постановка задач

Основною проблемою під час виготовлення піщано-глинястих ливарних форм є забезпечення стабільного рівня властивостей суміші після кожного циклу її обороту. Цього досягають кондиціюванням (видалення спечених грудок, неметалевих часток та пилу), регенерацією (видалення залишків плівок зв'язувального компонента) та частковим освіженням суміші.

Суміш, яку використовують у лабораторії ливарного виробництва КПП ім. Ігоря Сікорського, за багато років використання не знала нічого, крім часткового освіження. Тому її властивості на сьогодні по усім показникам нижче допустимого рівня. Особливо низькою є газопроникність (порядку 40 одиниць). Це не дає можливості виготовляти належної якості виливки лабораторного призначення, а також дослідні промислові серії. Якість поверхонь чавунних і сталевих виливків, навіть за умови сушіння і фарбування форм, незадовільна.

Найбільш доцільним процесом відновлення властивостей цієї суміші (її накопичено близько 3 тонн), а також аналогічних сумішей у цехах дрібносерійного і серійного виробництва, є мокра регенерація, яка передбачає видалення пилоподібних домішок та очищення наповнювача від плівок зв'язувального компонента (глини). Наступним етапом має бути освіження додаванням кварцового піску та свіжої глини у необхідній кількості. Орієнтовно, така регенерація має забезпечити підвищення рівня властивостей і збереження його стабільності на декілька десятків циклів сумішоприготування наперед.

Однак з літератури відомо, що певна кількість пилоподібних домішок, в т.ч. неактивної глини (до 5%) у формувальних сумішах позитивно впливає на міцність та технологічні властивості, тому повне відмивання суміші від таких компонентів не є необхідним.

Досліджувана суміш є універсальною, тому що її застосовують для формування по-сирому та по-сухому. Зважаючи на це, завданням регенерації є одночасне підвищення властивостей у сирому і в сухому стані.

Метою роботи є розроблення процесу регенерації та освіження оборотної піщано-глинястої суміші для виготовлення виливків із сплавів чорних і кольорових металів у сирих та сухих ливарних формах.

Задачі:

1. Проаналізувати властивості оборотної піщано-глинястої формувальної суміші у сирому та в сухому станах та визначити конкретні причини незадовільної якості литва.
2. Дослідити вплив інтенсивності та тривалості мокрої регенерації на залишковий вміст глинястої складової.
3. Встановити вплив добавок свіжого формувального піску і бентонітової глини на комплекс властивостей суміші та визначити оптимальну кількість цих добавок.
4. Прослідкувати зміну фізико-механічних та технологічних властивостей суміші залежно від кількості етапів регенерації.
5. Дослідити вплив тривалості перемішування регенерованої суміші на комплекс її властивостей у сирому та в сухому станах.
6. Виготовити ливарні форми із базової оборотної та регенерованої сумішей та порівняти якість виливків.

Як зв'язувальний компонент використано Костянтинівську бентонітову глину марки П1Т₁.

2.2 Методика регенерації суміші

Суміш у ливарній лабораторії була використана для виготовлення сирих та сухих форм більше 1000 разів. У ній накопичено величезну кількість пилу, залишки вуглецевих часток, неактивну глину. Ці складові не видаляються із суміші, а накопичуються в ній. Перед сумішоприготуванням проводять лише видалення металевих часток. Такої суміші у лабораторії накопичилось понад 3 тонни.

Аналіз існуючих процесів регенерації показав, що для очищення цієї суміші найкращим і найпростішим способом є гідравлічна регенерація. Теоретично таким способом можна у незначний термін регенерувати усю суміш.

Регенерацію проводили наступним чином:

- відбирали пробу суміші масою 4...5 кг;
- заливали суміш проточною водою і ретельно перемішували;
- забруднену воду зливали.

Вказані операції проводили від 1 до 5 разів, для отримання проб суміші з різним залишковим вмістом глинястої складової. Після процесу регенерації суміш висушували на повітрі протягом декількох днів.

Отриману очищену оборотну суміш використано як основу для приготування регенерованих сумішей.

2.3 Приготування суміші

Для приготування сумішей використали лабораторний змішувач з вертикально розташованими котками моделі 018М.

Тривалість перемішування кожної суміші в основному експерименті 5 хв. Під час визначення впливу тривалості перемішування на властивості суміші процес її приготування тривав від 5 до 30 хв.

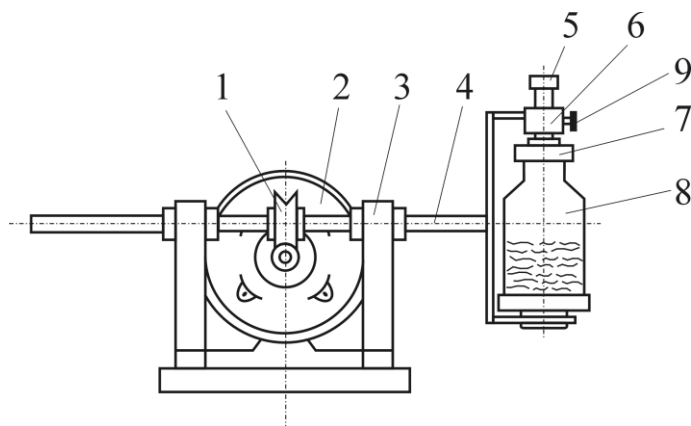
У змішувач додавали компоненти у наступній послідовності: регенерат, кварцовий пісок (за необхідністю), бентонітова глина, вода. Воду додавали для забезпечення необхідного рівня вологості, рекомендованого для сумішей подібного типу (3,5...6,0%). Під час приготування відбирали проби для контролю вологості прискореним методом, і тільки у разі задовільної вологості вивантажували суміш.

Зважування компонентів проводили на лабораторних терезах 2-го класу моделі ВЛТК-500г-М з механізмом компенсації тари, похибка зважування яких становить ± 500 мг. Зважування піску та інших компонентів, кількість яких у суміші становила 100 г і більше, відбувалося на терезах марки РН10Ц13У, похибка зважування яких становить ± 5 г, мінімальна маса зваженого матеріалу 50 г.

2.4 Визначення властивостей

2.4.1 Вміст глинястої складової

Глинясту складову визначали згідно ГОСТ 29234.1–91 на приладі моделі 021 (рис. 2.2) на двох наважках суміші, висушеної при 105...110 °С, масою по $(50 \pm 0,01)$ г. Випробування проводили протягом 60 хв.



1 – черв'ячна передача; 2 – електродвигун; 3 – станина; 4 – вал;
5 – стрижень; 6 – хрестовина; 7 – чашка; 8 – банка; 9 – стопорний гвинт

Рисунок 2.2 – Схема приладу моделі 021

Вміст глинястої складової визначали за втратою маси наважки після випробування і висушування.

2.4.2 Контроль гранулометричного складу

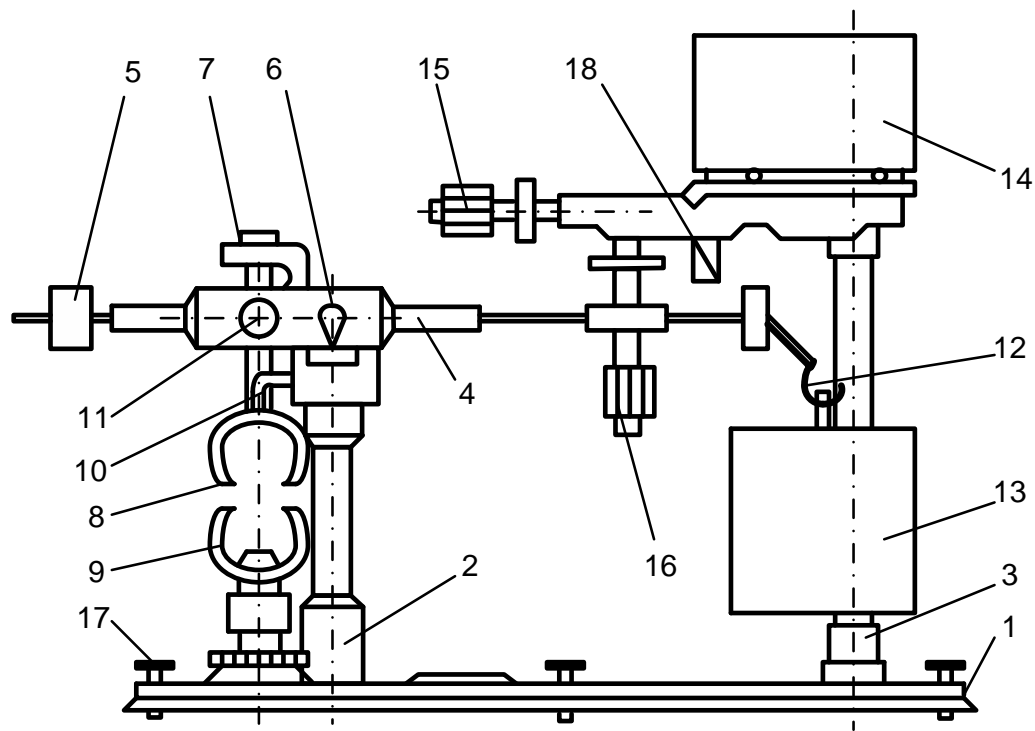
Гранулометричний аналіз проводили після визначення вмісту глинястої складової на тій же самій пробі (наважці) суміші. Визначали зерновий склад ситовим аналізом – просіюванням наважки на стандартному комплекті сит на приладі моделі 029. Випробування здійснювали протягом 15 хв. Результати ситового аналізу для встановлення марки піску або гранулометричного складу суміші обробляли за допомогою комп'ютерної програми «GranN».

2.4.3 Міцність у сирому стані

Міцність у сирому стані визначали наступним чином. Виготовляли стандартні циліндричні зразки на копрі моделі 030М трьома ударами (стандартне ущільнення), а міцність контролювали на приладі моделі 051.

2.4.4 Міцність у сухому стані

Виготовляли стандартні зразки-вісімки на копрі моделі 030М трьома ударами (стандартне ущільнення). Для визначення міцності у сухому стані зразки сушили в печі при температурі 150...160 °С протягом 1 год, після чого контролювали міцність на приладі моделі 081 (рис. 2.3).



1 – станина; 2, 3 – стійки; 4 – важіль; 5 – вантаж; 6 – ніж;
7 – кронштейн; 8, 9 – захвати; 10 – сережка; 11 – вісь; 12 – крюк;
13 – відро; 14 – бункер; 15 – затвор; 16 – обмежувач; 17 – регулювальний
гвинтовий пристрій; 18 – покажчик

Рисунок 2.3 – Схема приладу моделі 081 для визначення міцності зразків при розриві

2.4.5 Обсипаємість

Оскільки метал взаємодіє безпосередньо з поверхнею форми, найбільша міцність її має бути на поверхні, щоб не допустити дефектів (піщаних раковин, неметалевих вкраплень) у виливках. Під час отримання виливків у лабораторії кафедри саме такі дефекти переважають, тому контроль поверхневої міцності є найбільш актуальним.

Поверхневу міцність оцінюють непрямим методом – за обсипаємістю при нормальній температурі стандартних циліндричних зразків з формувальної суміші, і виражають у відсотках від маси зразка.

Обсипаємість визначали на приладі моделі 056 після обертання стандартного циліндричного зразка в барабані протягом 60 с.

Цю властивість визначали як для сирих, так і для сухих зразків.

2.4.6 Газопроникність

Газопроникність визначали на стандартних циліндричних зразках прискореним методом на приладі моделі 042. Використовували ніпель з діаметром отвору 1,5 мм.

2.4.7 Текучість

Текучість формувальних сумішей – це технологічна властивість, яка характеризує їх здатність переміщуватися під дією зовнішніх навантажень.

Для пластичних сумішей, до яких відносяться піщано-глинясті, розроблено стандартну методику визначення текучості. Сам зразок називається пробой Г.М.Орлова (ГОСТ23409.17–78). Для виготовлення зразка у стандартну гільзу висотою 120 мм вставляється металевий вклавень висотою 30 мм. Після цього гільза заповнюється формувальною сумішшю, а потім суміш ущільнюється трьома ударами лабораторного копра для отримання зразка стандартної висоти ($50 \pm 0,8$) мм.

Отриманий зразок зі сходиною виймають з гільзи і вимірюють за допомогою кулькового твердоміра твердість у нижній і верхній частинах зразка. Текучість оцінюють за відношенням твердостей:

$$T = \frac{H_A}{H_B} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де T – текучість суміші, %;

H_A і H_B – твердість відповідно у нижній і верхній частинах зразка.

2.4.8 Ущільнювальність

Ущільнювальність – це властивість формувальної суміші зменшуватися в об’ємі (ущільнюватись) під дією зовнішніх сил або власної маси.

Ущільнювальність оцінюють згідно ГОСТ23409.13–78. Для цього стандартну гільзу висотою 120 мм до верху заповнюють неущільненою (пухкою) формувальною сумішшю, після чого встановлюють на лабораторний копер. Проводять ущільнення трьома ударами копра, після чого отриманий зразок виймають з гільзи і вимірюють його висоту H_3 . Ущільнювальність розраховується за формулою:

$$Y = \frac{H_0 - H_3}{H_0} \cdot 100, \quad (2.2)$$

де Y – ущільнювальність суміші, %;

H_0 – початкова висота шару суміші у гільзі (120 мм);

H_3 – висота зразка, отриманого трьома ударами копра, мм.

2.4.9 Формувальність

Формувальністю називається властивість суміші відтворювати при ущільненні поверхню модельного оснащення, забезпечувати необхідну щільність і міцність форми.

Пряких методів вимірювання формувальності не розроблено, тому її оцінюють за наступною методикою (ГОСТ 23409.15–78). Вона полягає у здатності суміші просіюватися через сито з отворами певних розмірів.

Наважку суміші масою 200 г розміщують у барабані (розмір комірки 2,5х2,5 мм) установки моделі 056 для випробування зразків на обсіпаємість. Вмикають прилад і проводять випробування протягом 10 с. Суміш, яка просипалась крізь сито барабана, зважують. Формувальність визначають за формулою:

$$\Phi = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100, \quad (2.3)$$

де Φ – формувальність суміші, %;

m_1 – кількість суміші, яка пройшла через сітчастий барабан, г;

m_0 – початкова кількість суміші (200 г).

2.4.10 Вологість

Вологість контролювали під час кожного циклу сумішоприготування. Для оперативного контролю використовували прискорений метод.

Використано прилад моделі 062, для випробувань брали по три наважки масою по $(10 \pm 0,01)$ г. Вміст води для кожної з трьох наважок визначали за формулою:

$$W = \frac{M - M_1}{M} \cdot 100, \quad (2.4)$$

де W – вологість суміші, %;

M – маса наважки суміші (10,00 г);

M_1 – маса наважки суміші після остаточного висушування, г.

Оптимальним показником вважали вологість у межах 3,5...6,0%.

3 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ УНІВЕРСАЛЬНОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ СУМІШІ

3.1 Зміна гранулометричного складу суміші в процесі гідравлічної регенерації

Гранулометричний склад суміші після вибивання форм визначено за стандартною методикою. Діаграму розподілу зерен за розмірами наведено на рис. 3.1, а загальний вигляд зернової основи під мікроскопом – на рис. 3.2

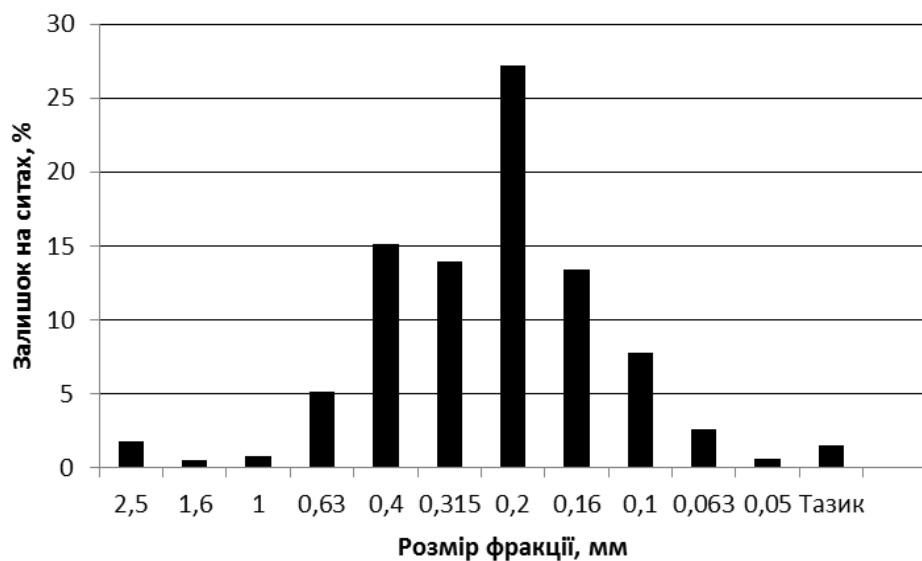


Рисунок 3.1 – Ситовий аналіз відпрацьованої суміші

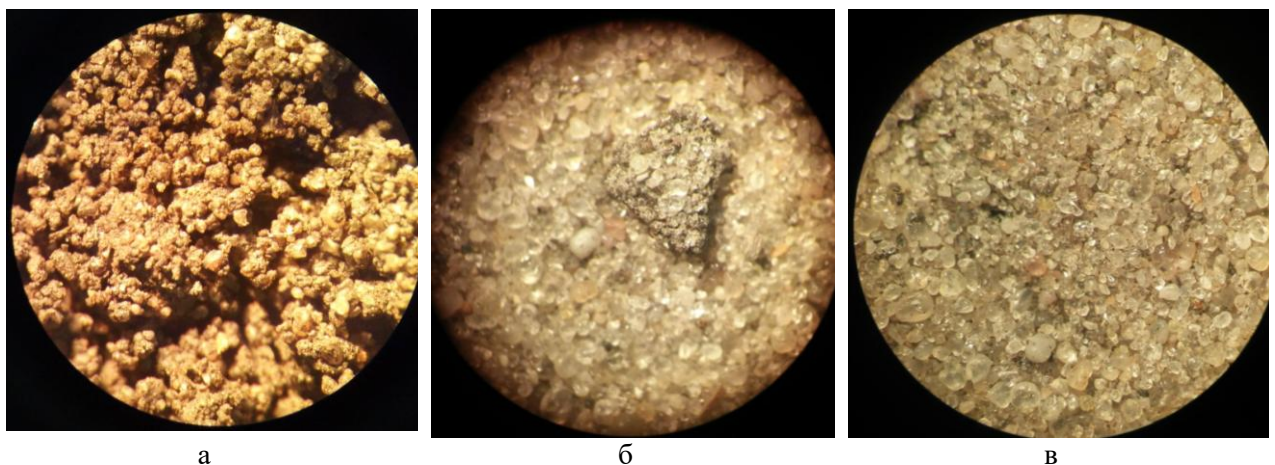


Рисунок 3.2 – Вигляд формувальної суміші під оптичним мікроскопом:
а – у сирому стані; б, в – після видалення глинястої складової за методикою
ГОСТ 29234.1 – 91

У суміші наявні частки крупних розмірів, які являють собою спечені грудки, особливо помітні після видалення глинястої складової (рис. 3.2, б).

Суміш просіяли через крупне сито (№2,5) для видалення спечених грудок. Після 5 циклів гідравлічної регенерації суміш змінила колір із чорного на сірий. Тобто, її було очищено від сажистого вуглецю, неактивної та активної глини, пилу. Це позначилося на зерновому складі (рис. 3.3): він став більш однорідним, а пилоподібні фракції зникли.

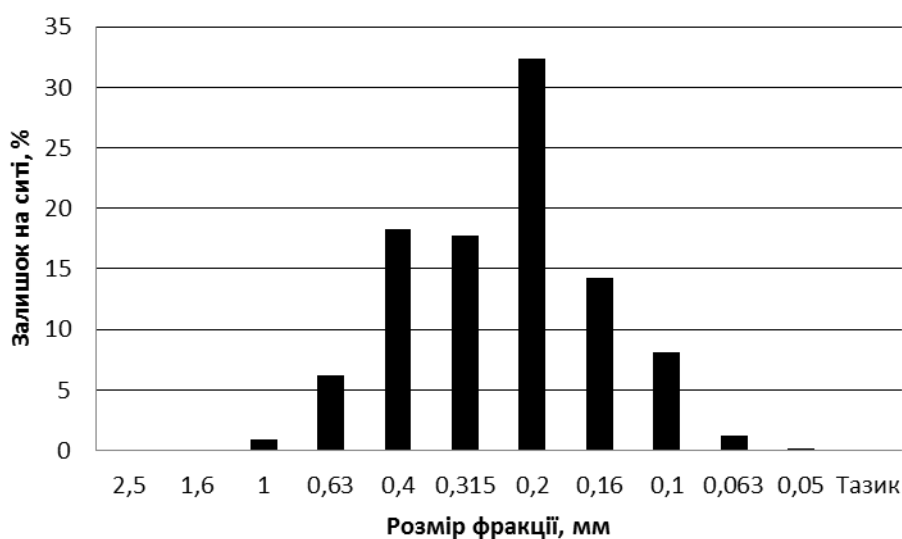


Рисунок 3.3 – Ситовий аналіз суміші після 5 етапів гідравлічної регенерації

Зернова основа лабораторної суміші після гідравлічної регенерації показана на рис. 3.4.

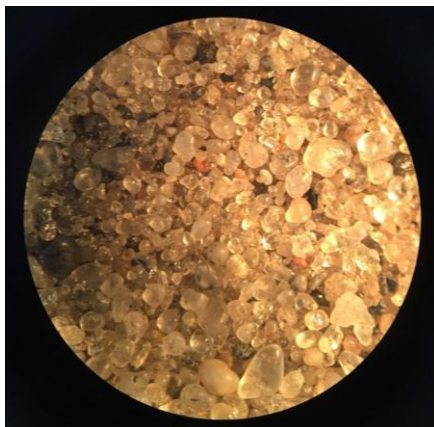


Рисунок 3.4 – Зернова основа лабораторної суміші після 5 етапів гідравлічної регенерації

Часточки наповнювача не містять поверхневих забруднень, однак їх форма різна – від округлої до складної. Для підвищення властивостей зернову основу суміші необхідно буде освіжити за рахунок додавання піску.

Відомо, що вміст глинястої складової має бути на оптимальному рівні для підтримання комплексу властивостей суміші в задовільних межах. На рис. 3.5 можемо спостерігати залежність вмісту глинястої складової в оборотній суміші від кількості етапів гідравлічної регенерації.

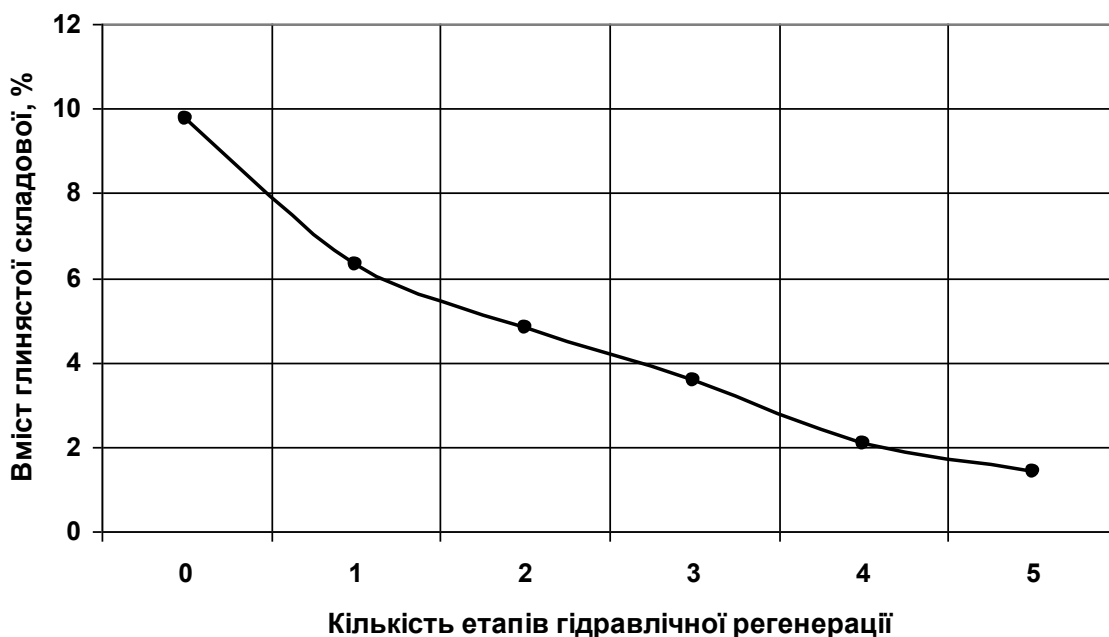


Рисунок 3.5 – Вплив гідравлічної регенерації на вміст глинястої складової в оборотній суміші

3.2 Вплив добавок свіжого піску на властивості формувальної суміші

Універсальна суміш у ливарній лабораторії призначена для виготовлення сирих та сухих форм, при цьому максимальна маса виливків із чавуну і сталі не перевищує 30 кг. При таких виливках термічний вплив на матеріал форми незначний, тому необхідності у використанні глини з високою термостійкістю немає. Найкращим поєднанням властивостей у сирому та сухому стані характеризуються бентонітові глини, тому одну із них вибрано для відновлення суміші. Для встановлення оптимального вмісту бентонітової глини при додаванні в формувальну суміш ми дослідили її

вплив на міцність при стисканні (рис. 3.6). Вже при 7% бентонітової глини міцність досягає більше 50 кПа, тому цієї кількості достатньо.

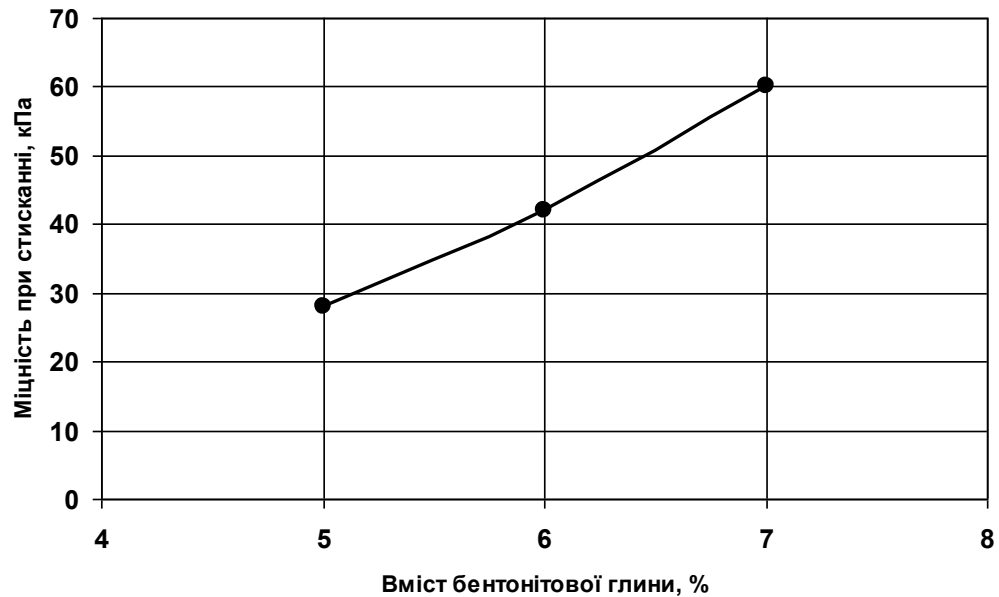


Рисунок 3.6 – Вплив бентонітової глини на міцність регенерованої суміші

Як можна побачити на рис. 3.7, додавання свіжого піску позитивно впливає на міцність формувальної суміші в сирому стані. Пісок має округлу форму зерен, невисокий вміст домішок, і тому адгезії зв'язувального компонента (глини) нічого не заважає.

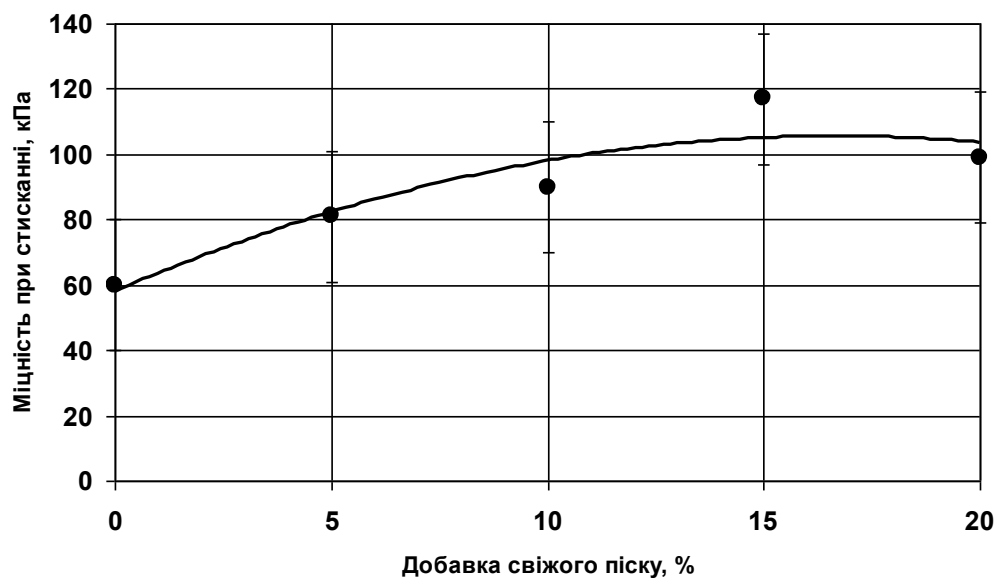


Рисунок 3.7 – Вплив свіжого піску на міцність формувальної суміші в сирому стані

Однак, такий же вміст свіжого піску в формувальній суміші в сухому стані значно погіршує міцність (рис. 3.8), очевидно через недостатню тривалість перемішування і розосередження глини по поверхні зерен доданого піску. Починаючи з 20% за рахунок правильної округлої форми свіжий пісок сприяє поверненню міцності на початковий рівень.

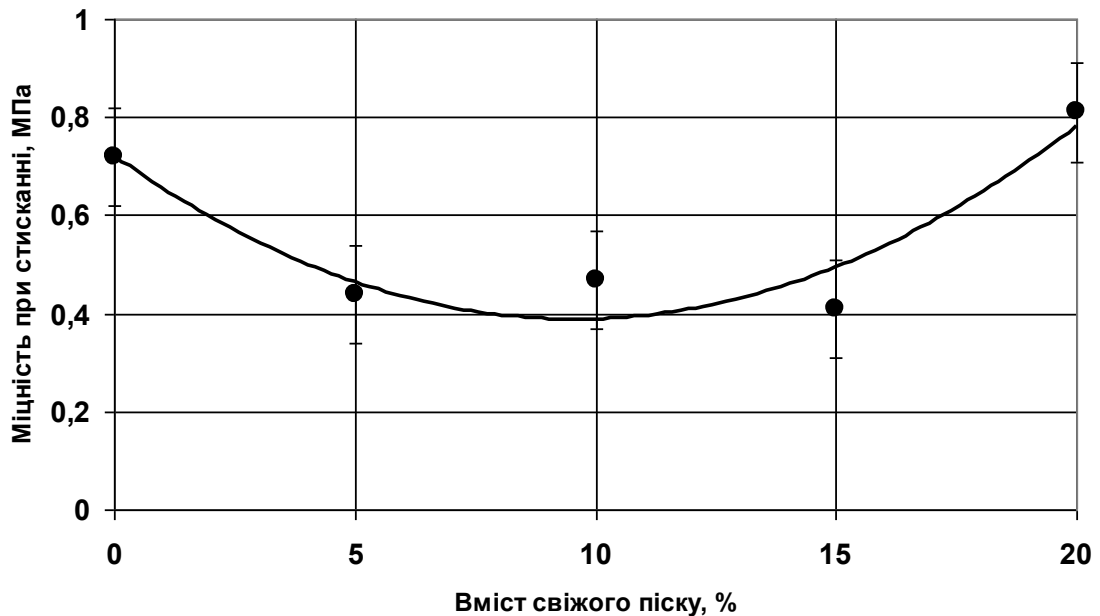


Рисунок 3.8 – Вплив свіжого піску на міцність при стисканні формувальної суміші в сухому стані

Очевидно, що вміст свіжого піску на обсипаємість формувальної суміші має негативний вплив, особливо в сухому стані, як видно на рис. 3.9. Це відбувається за рахунок недостатньої тривалості перемішування суміші, що пов'язано із поганою гомогенізацією її складу та нерівномірним розосередженням глини по зернах піску.

Очевидно, що в такому вигляді суміш не придатна для формовки по-сухому. Для приведення міцності та обсипаємість в норму можна запропонувати наступні рішення: збільшити тривалість перемішування та кількість глини.

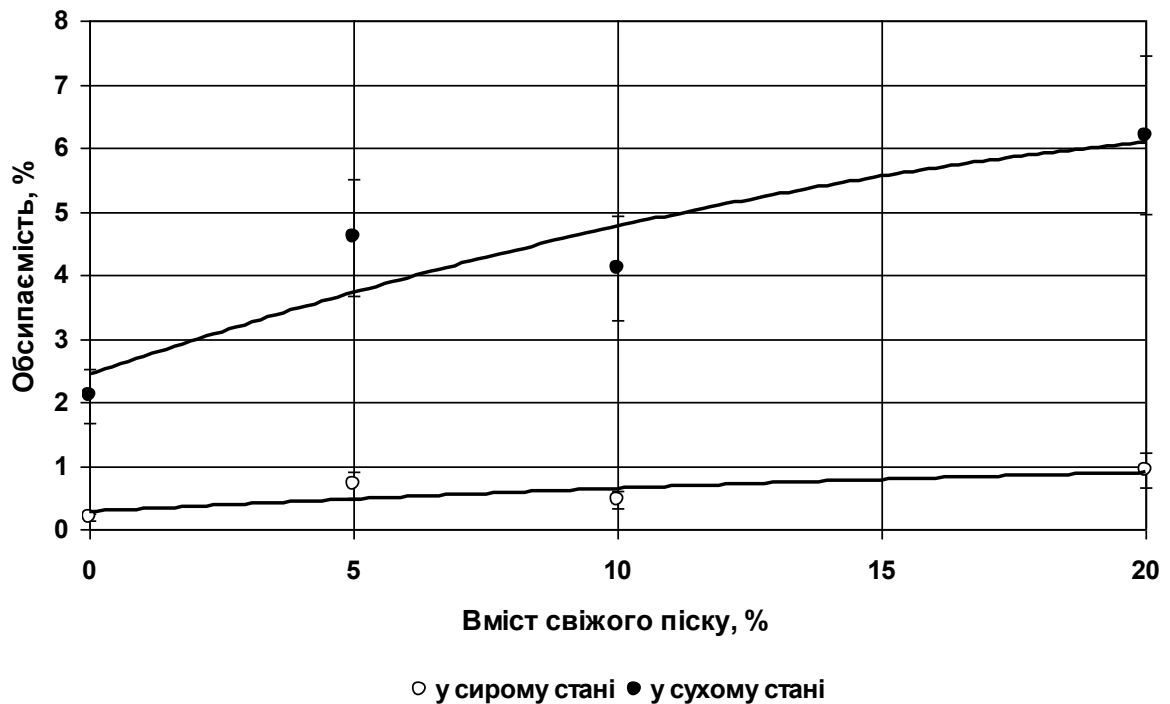


Рисунок 3.9 – Вплив свіжого піску на обсіпаємість формувальної суміші

Текучість має велике значення при машинній формовці, коли ступінь ущільнення різних частин форми варіювати не можна. Для лабораторної суміші текучість на рівні 30...40% вважається задовільною. Додавання піску починаючи з 5...10% позитивно впливає на цей показник (рис. 3.10).

Ущільнювальність для процесів ручної формовки також не контролюють. Але вона є характеристикою пластичності суміші і певною мірою визначає зусилля, яке потрібно прикласти для ущільнення форми. Як видно із рис. 3.10, після додавання свіжого піску суміш менше змінює об'єм після стандартного ущільнення. Ймовірно, що процес виготовлення форми потребуватиме менших зусиль.

Підвищення формувальності, яке спостерігається вже при 5% піску (рис. 3.10), сприятиме покращенню якості відбитку моделі та відповідно поверхні виливків. Свіжий пісок знижує загальні зусилля внутрішнього тертя у суміші, тому вона стає більш сипкою, таким чином формувальність підвищується.

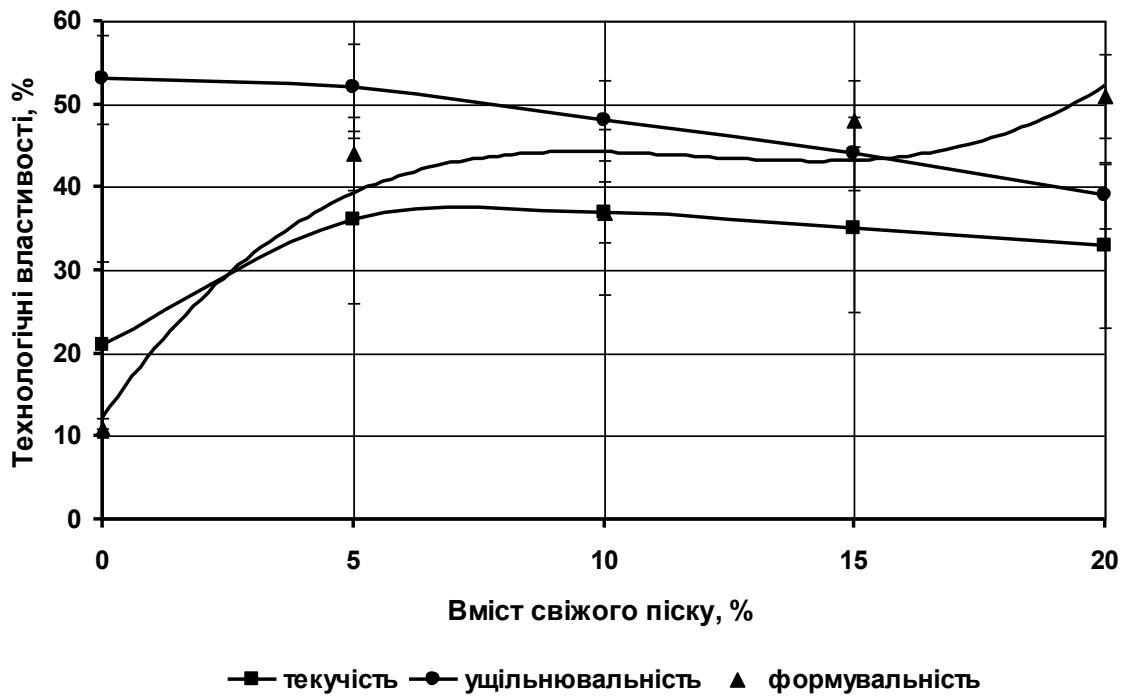


Рисунок 3.10 – Вплив свіжого піску на комплекс технологічних властивостей формувальної суміші

Вплив вмісту свіжого піску на газопроникність оборотної суміші в сирому та сухому станах зображено на рис. 3.11.

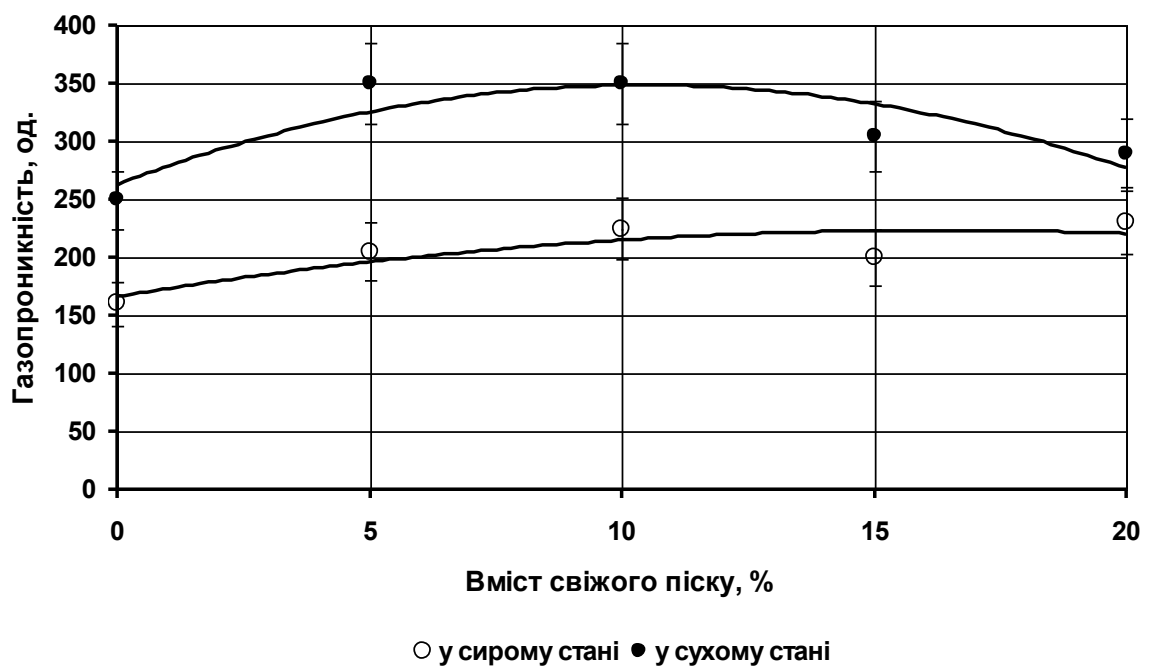


Рисунок 3.11 – Вплив свіжого піску на газопроникність формувальної суміші

При збільшенні кількості піску спостерігається тенденція збільшення газопроникності. Це відбувається за рахунок збільшення вільного простору між зернами та зменшення загальної кількості дрібної фракції у складі суміші. У сирому стані газопроникність зростає понад 200 од., а в сухому досягає 300...350 од., що можна вважати найкращим ефектом від проведеної регенерації.

Але незадовільні показники міцності та обсипаємості у сухому стані не дають змоги рекомендувати до впровадження процес 5-разової гідравлічної регенерації суміші з подальшим додаванням бентонітової глини та свіжого піску. Потрібен пошук технологічних заходів, які забезпечать підвищення властивостей у сухому стані.

3.3 Дослідження впливу тривалості і інтенсивності гідравлічної регенерації на властивості формувальної суміші

Було проведено лабораторний контроль усього комплексу властивостей на різних етапах – від суміші без регенерації з додаванням 7% бентонітової глини марки П1Т₁ до суміші після 5 етапів регенерації, результати представлено в табл. 3.1...3.6 відповідно.

Випробування кожної властивості проводили не менше як на трьох зразках, окрім формувальності.

В сухому стані (в таблицях не представлено) обсипаємість вимірювали на трьох зразках, а міцність визначали на зразках-вісімках при розриві. Кількість зразків – 5.

Таблиця 3.1 – Комплекс властивостей оборотної суміші без регенерації

Фізико-механічні властивості						Технологічні властивості			
міцність у сирому стані, кПа						текучість			
						зразок	тверд. А, од.	тверд. В, од.	текуч., %
зразок 1		93		86,8		1	46	88	52,27
зразок 2		80				2	48	88	54,55
зразок 3		95				3	58	87	66,67
зразок 4		87				4	58	87	66,67
зразок 5		79				5	60	88	68,18
обсипаємість у сирому стані, %						ущільнювальність			
зразок	почат. маса, г	кінцева маса, г	зміна маси, г	обсип., %	середнє	зразок	почат. висота, мм	кінцева висота, мм	ущільн., %
1	151,47	150,63	0,84	0,55	0,96	1	120	79	34,17
2	150,58	149,66	0,92	0,61		2	120	78	35,00
3	152,37	150,78	1,59	1,04		3	120	79	34,17
4	148,65	146,28	2,37	1,59		4			
5	149,22	147,76	1,46	0,98		5			
газопроникність, од.						формувальність			
зразок 1		85		86		початкова маса, г	кінцева маса, г	формув., %	
зразок 2		85				200	145	72,5	
зразок 3		93							
зразок 4		85							
зразок 5		82							

Таблиця 3.2 – Комплекс властивостей оборотної суміші після 1 етапу регенерації

Фізико-механічні властивості						Технологічні властивості					
міцність у сирому стані, кПа						текучість					
						зразок	тверд. А, од.	тверд. В, од.	текуч., %		
зразок 1		112		111,4		1	5	85	5,88		
зразок 2		115				2	35	83	42,17		
зразок 3		113				3	15	84	17,86		
зразок 4		107				4	26	81	32,10		
зразок 5		110				5	33	83	39,76		
обсипаємість у сирому стані, %						ущільнювальність					
зразок	почат. маса, г	кінцева маса, г	зміна маси, г	обсип., %	середнє	зразок	почат. висота, мм	кінцева висота, мм	ущільн., %		
1	171,29	170,96	0,33	0,19	0,21	1	120	52	56,67		
2	170,21	169,97	0,24	0,14		2	120	54	55,00		
3	170,79	170,59	0,2	0,12		3	120	50	58,33		
4	167,7	167,2	0,5	0,30		4					
5	168,84	168,32	0,52	0,31		5					
газопроникність, од.						формувальність					
зразок 1		119		106		початкова маса, г		кінцева маса, г		формув., %	
зразок 2		105				200		30		15	
зразок 3		102									
зразок 4		102									
зразок 5		102									

Таблиця 3.3 – Комплекс властивостей оборотної суміші після 2 етапів регенерації

Фізико-механічні властивості						Технологічні властивості			
міцність у сирому стані, кПа						текучість			
						зразок	тверд. А, од.	тверд. В, од.	текуч., %
зразок 1		102		96,8		1	20	82	25
зразок 2		98				2	12	82	15
зразок 3		95				3	23	79	29
зразок 4		94				4	17	85	20
зразок 5		95				5	33	83	40
обсипаємість у сирому стані, %						ущільнювальність			
зразок	почат. маса, г	кінцева маса, г	зміна маси, г	обсип., %	середнє	зразок	почат. висота, мм	кінцева висота, мм	ущільн., %
1	154,62	154,44	0,18	0,12	0,17	1	120	51	58
2	158,37	158,22	0,15	0,09		2	120	50	58
3	153,43	153,10	0,33	0,22		3	120	52	57
4	153,35	153,03	0,32	0,21		4			
5	152,45	152,11	0,34	0,22		5			
газопроникність, од.						формувальність			
зразок 1		193		193		початкова маса, г	кінцева маса, г	формув., %	
зразок 2		193				200	70	35	
зразок 3		193							
зразок 4									
зразок 5									

Таблиця 3.4 – Комплекс властивостей оборотної суміші після 3 етапів регенерації

Фізико-механічні властивості						Технологічні властивості					
міцність у сирому стані, кПа						текучість					
						зразок	тверд. А, од.	тверд. В, од.	текуч., %		
зразок 1		67		71		1	21	83	25		
зразок 2		65				2	27	85	32		
зразок 3		70				3	24	84	29		
зразок 4		77				4					
зразок 5		76				5					
обсипаємість у сирому стані, %						ущільнювальність					
зразок	почат. маса, г	кінцева маса, г	зміна маси, г	обсип., %	середнє	зразок	почат. висота, мм	кінцева висота, мм	ущільн., %		
1	165,62	165,58	0,04	0,02	0,24	1	120	53	56		
2	165,64	165,40	0,24	0,14		2	120	54	55		
3	165,91	165,43	0,48	0,29		3	120	56	53		
4	160,54	160,00	0,54	0,34		4					
5	167,22	166,55	0,67	0,40		5					
газопроникність, од.						формувальність					
зразок 1		119		132		початкова маса, г		кінцева маса, г		формув., %	
зразок 2		151				200		140		70	
зразок 3		126									
зразок 4											
зразок 5											

Таблиця 3.5 – Комплекс властивостей оборотної суміші після 4 етапів регенерації

Фізико-механічні властивості						Технологічні властивості			
міцність у сирому стані, кПа						текучість			
						зразок	тверд. А, од.	тверд. В, од.	текуч., %
зразок 1		82		102,2		1	21	85	25
зразок 2		107				2	36	86	42
зразок 3		107				3	35	88	40
зразок 4		110				4			
зразок 5		105				5			
обсипаємість у сирому стані, %						ущільнювальність			
зразок	почат. маса, г	кінцева маса, г	зміна маси, г	обсип., %	середнє	зразок	почат. висота, мм	кінцева висота, мм	ущільн., %
1	152,99	152,31	0,68	0,44	0,95	1	120	63	48
2	150,11	147,97	2,14	1,43		2	120	61	49
3	153,42	151,91	1,51	0,98		3	120	59	51
4	151,06	148,24	2,82	1,87		4			
5	151,65	147,57	4,08	2,69		5			
газопроникність, од.						формувальність			
зразок 1		142		156		початкова маса, г	кінцева маса, г	формув., %	
зразок 2		163				200	55	27,5	
зразок 3		173							
зразок 4		146							
зразок 5		156							

Таблиця 3.6 – Комплекс властивостей оборотної суміші після 5 етапів регенерації

Фізико-механічні властивості						Технологічні властивості			
міцність у сирому стані, кПа						текучість			
						зразок	тверд. А, од.	тверд. В, од.	текуч., %
зразок 1	74		75,8			1	8	84	9,52
зразок 2	77					2	27	83	32,53
зразок 3	74					3	15	80	18,75
зразок 4	76					4	15	82	18,29
зразок 5	78					5	15	84	17,86
обсипаємість у сирому стані, %						ущільнювальність			
зразок	почат. маса, г	кінцева маса, г	зміна маси, г	обсип., %	середнє	зразок	почат. висота, мм	кінцева висота, мм	ущільн., %
1	158,08	157,82	0,26	0,16	0,11	1	120	49	59,17
2	154,89	154,77	0,12	0,08		2	120	51	57,50
3	157,63	157,46	0,17	0,11		3	120	51	57,92
4	155,56	155,44	0,12	0,08		4			
5	158,08	157,82	0,26	0,16		5			
газопроникність, од.						формувальність			
зразок 1	167		165,7			початкова маса, г	кінцева маса, г	формув., %	
зразок 2	163					200	45	22,5	
зразок 3	167								
зразок 4									
зразок 5									

Залежність міцності зразків від кількості етапів гідравлічної регенерації зображено на рис. 3.12. До складу кожної суміші входить 7% бентонітової глини П1Т₁ та 15% свіжого піску. В сухому стані міцність при розриві значно збільшилась, це відбувається за рахунок загального очищення від неактивної глини та пилоподібних фракцій. Починаючи з третього етапу регенерації створюються умови для підвищення адгезійної активності свіжої глини, що і сприяє зміцненню. Якщо розглядати міцність у комплексі (у сирому та в сухому стані), то позитивний результат спостерігається вже після першого етапу регенерації.

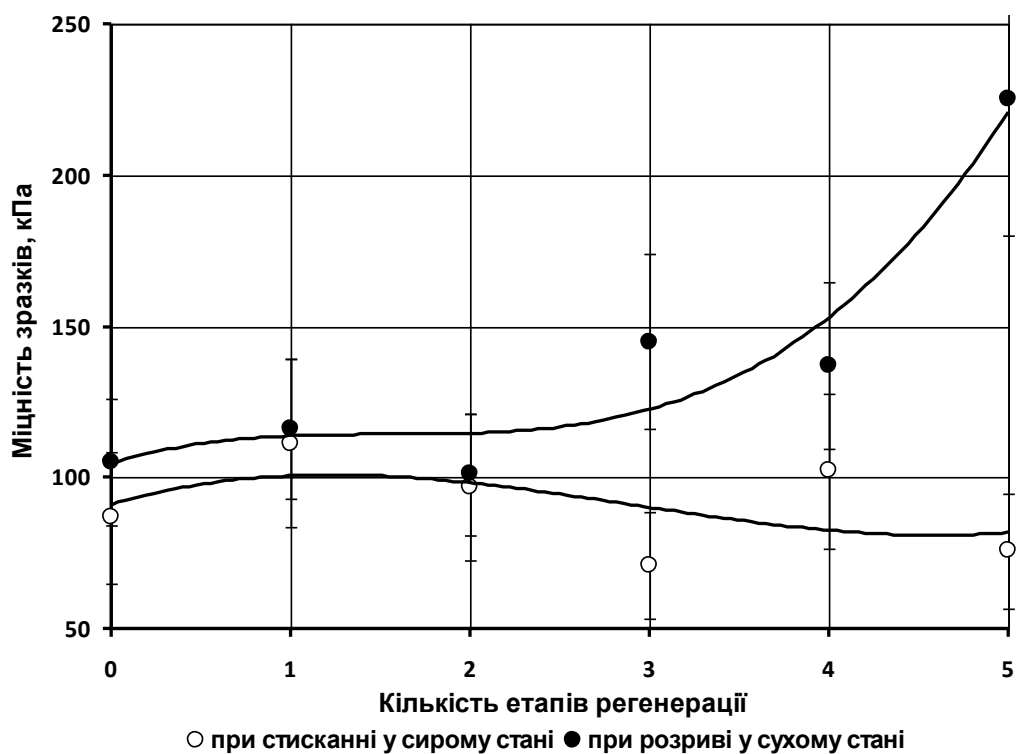


Рисунок 3.12 – Зміна міцності формувальної суміші залежно від кількості етапів гідравлічної регенерації

На рис. 3.13 можна побачити позитивний вплив кількості етапів регенерації на обсипаємість, як у сирому, так і в сухому станах. Це відбувається за рахунок збільшення активної і зменшення неактивної глинястої складової.

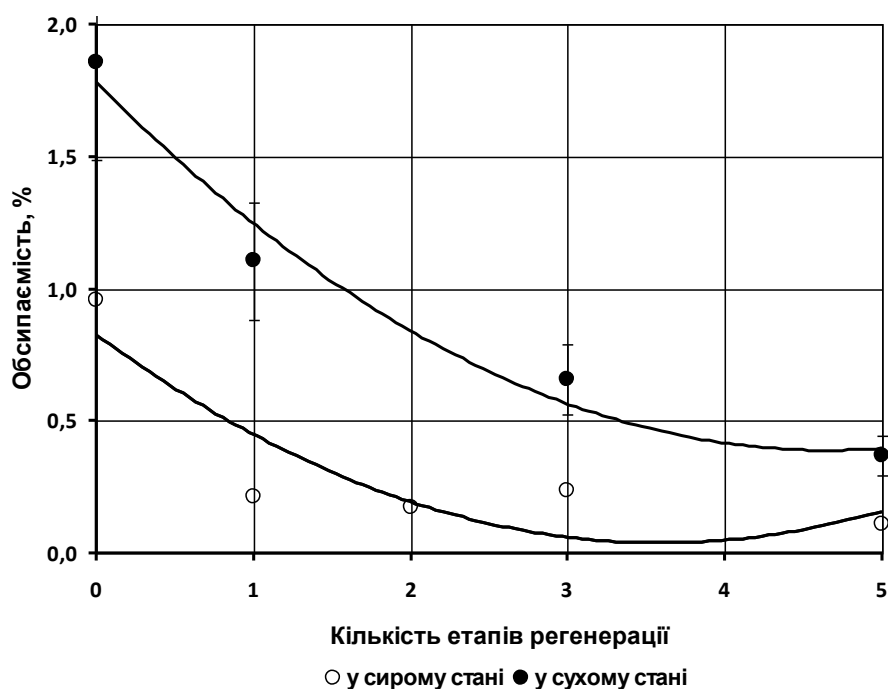


Рисунок 3.13 – Зміна обсипаємості формувальної суміші залежно від кількості етапів гідравлічної регенерації

Збільшення газопроникності, яке ми можемо спостерігати на рис. 3.14, відбувається за рахунок додавання свіжого піску, зменшення при цьому кількості неактивної глини та зростання пористості ущільненої суміші.

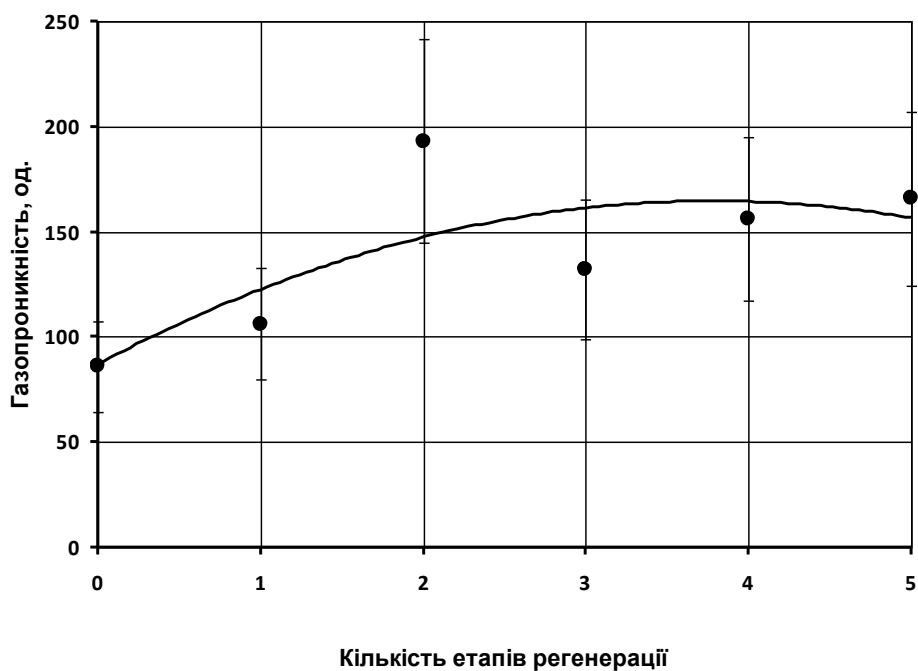


Рисунок 3.14 – Зміна газопроникності формувальної суміші в сирому стані залежно від кількості етапів гідравлічної регенерації

Вплив кількості етапів гідравлічної регенерації на технологічні властивості показано на рис. 3.15. Зниження текучості пов'язано із втратою пилоподібних неактивних фракцій та збільшенням адгезійної активності свіжої глини до зерен наповнювача в результаті очищення їх поверхонь при регенерації. Ці фактори сприяють підвищенню сил внутрішнього тертя та ускладненню процесу ущільнення. Зростання ущільнювальності пов'язано із збільшенням вмісту активної глини, здатної до набухання і відповідного зменшення у розмірах під час ущільнення.

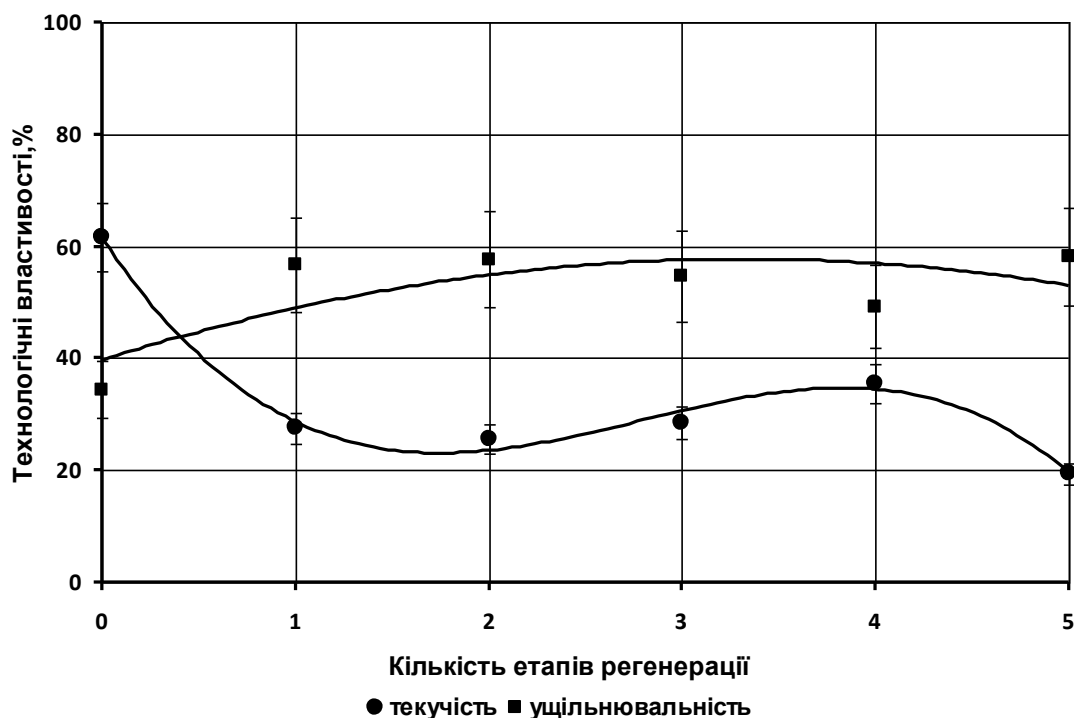


Рисунок 3.15 – Зміна технологічних властивостей формувальної суміші залежно від кількості етапів гідравлічної регенерації

Гідравлічна регенерація з частковим освіженням бентонітовою глиною та піском сприяє підвищенню комплексу властивостей у сухому стані. Але вона є тривалим і трудомістким процесом. Один етап регенерації порції 4...5 кг суміші триває близько 8 хв, таким чином 5-стадійна регенерація триває близько 40 хв.

За рис. 3.12...3.15 відмічаємо позитивний вплив на властивості вже після першого етапу регенерації, але значного зростання міцності та зниження обсипаємості ще не досягнуто. При цьому відомо, що для

розосередження бентонітової глини по всьому об'єму суміші та прояву нею максимуму зв'язувальної здатності необхідно збільшувати тривалість перемішування. Зважаючи на сумарний вміст глинястої складової у суміші після одного етапу регенерації на рівні 13...14%, що потрапляє у рекомендовані межі, подальші дослідження робили із цією сумішшю і вони були спрямовані на збільшення тривалості її приготування.

3.4 Вплив тривалості приготування суміші на її властивості

Тривалість сумішоприготування (рис. 3.16) дійсно грає важливу роль у формуванні її властивостей. Міцність у сирому стані залишається майже на одному рівні, а в сухому стані вже після 10 хв перемішування зростає у 2 рази, і в подальшому має тенденцію до збільшення. Причиною цього є підвищення рівномірності розподілу глини по поверхням зерен наповнювача (особливо свіжого піску у кількості 15%).

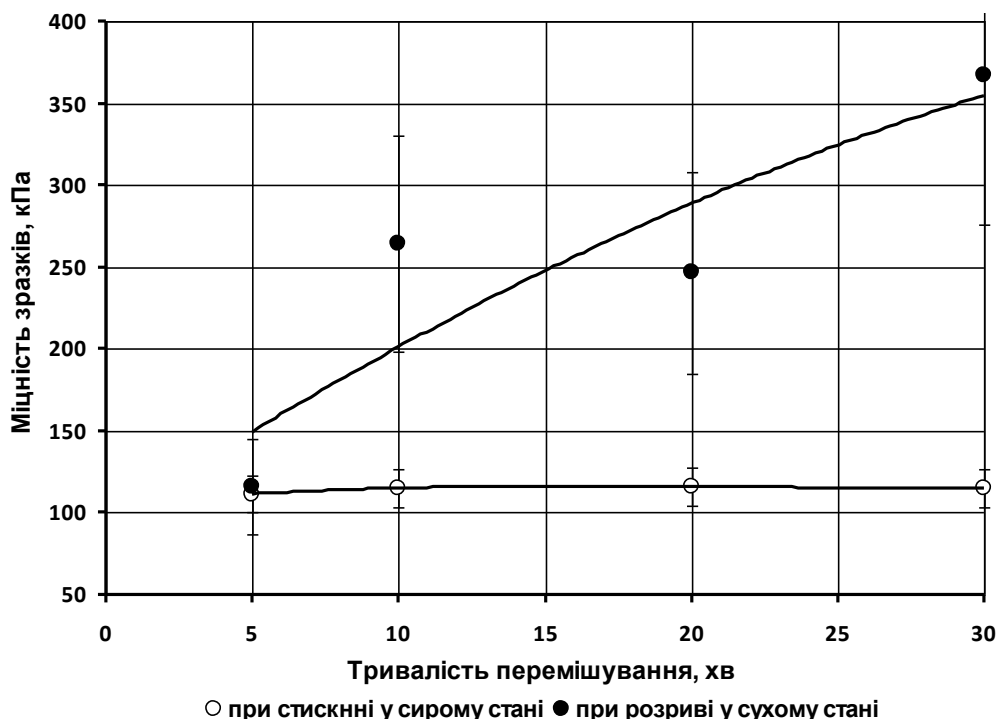


Рисунок 3.16 – Зміна міцності формульної суміші залежно від тривалості перемішування

Разом із загальною міцністю, у сухому стані зростає і поверхнева міцність, що виражено у зменшенні обсипаємості (рис. 3.17). Після 10 хв

перемішування цей показник знаходиться на рівні близько 0,5%, а після 30 хв – менше 0,2%, що відповідає найбільш високоякісним сумішам.

Достатнім періодом сумішоприготування після регенерації є 10 хв, оскільки за цей час вже досягається необхідний рівень властивостей. В реальних умовах виробництва суміш буде піддаватися багаторазовому формуванню, заливанню та повторному перемішуванню, в результаті чого, як видно із рис. 3.16 і 3.17, слід очікувати на подальший підйом фізико-механічних характеристик.

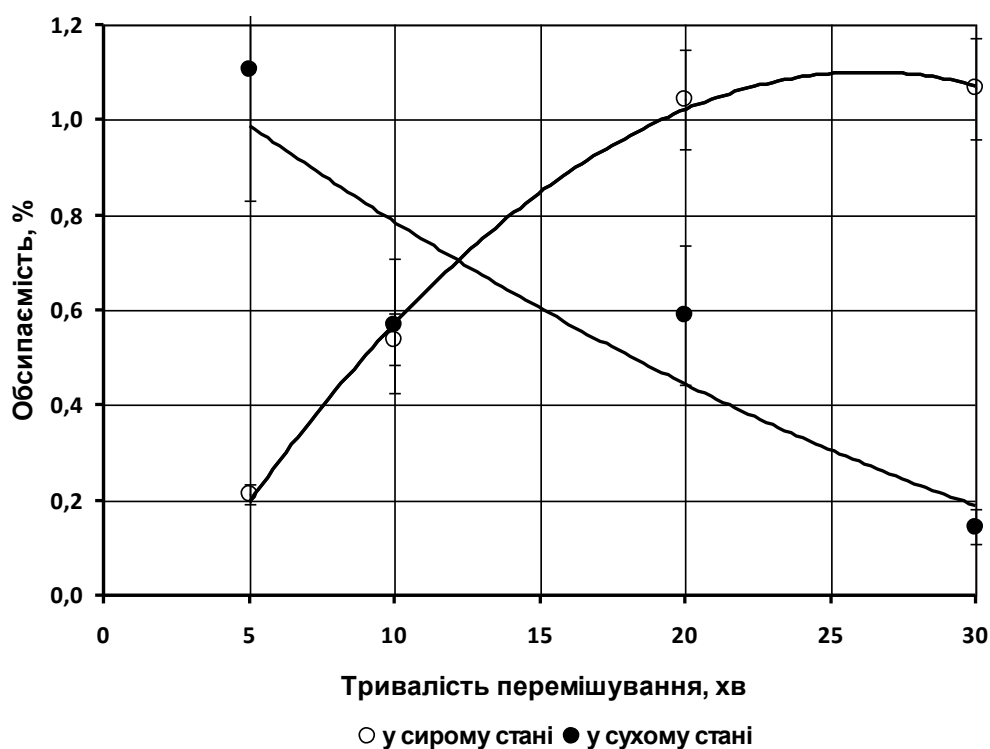


Рисунок 3.17 – Зміна обсипаємості формувальної суміші залежно від тривалості перемішування

Зміна газопроникності (рис. 3.18) зумовлена гомогенізацією складу і розосередженням плівок глини по зернам наповнювача, але вже після 10 хв перемішування вона досягає 120 од., що є більш ніж достатнім.

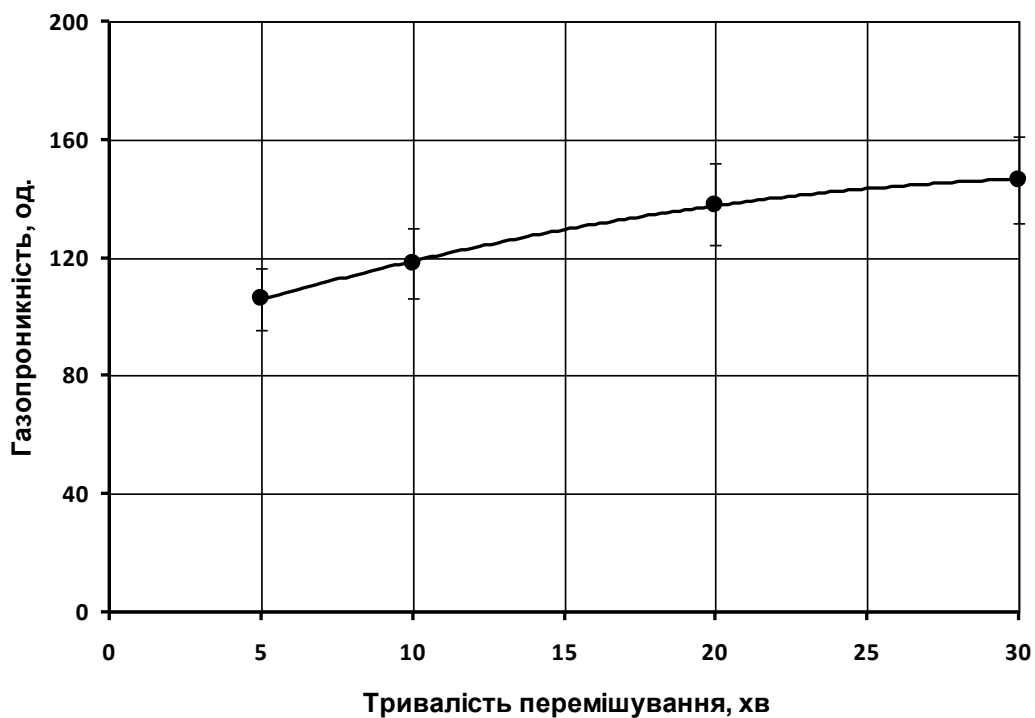


Рисунок 3.18 – Зміна газопроникності формувальної суміші залежно від тривалості перемішування

Залежність технологічних властивостей від тривалості перемішування зображено на рис. 3.19. Формувальність збільшується за рахунок обгортання зерен наповнювача глиною складовою (чим більша тривалість перемішування, тим краще розосередження глини по частинках доданого піску), внаслідок чого суміш стає більш розсипчастою.

Ущільнювальність зменшується внаслідок прилипання глинястої складової до зерен піску, тим самим зменшуючи міжзерновий простір, який при ущільнюванні заповнює сама глина.

Також ми можемо спостерігати покращення текучості. Це відбувається за рахунок збільшення упорядкованості зерен, на яких розосередились глинясті плівки, що призводить до збільшення твердості в нижній точці проби та відповідно до зростання текучості.

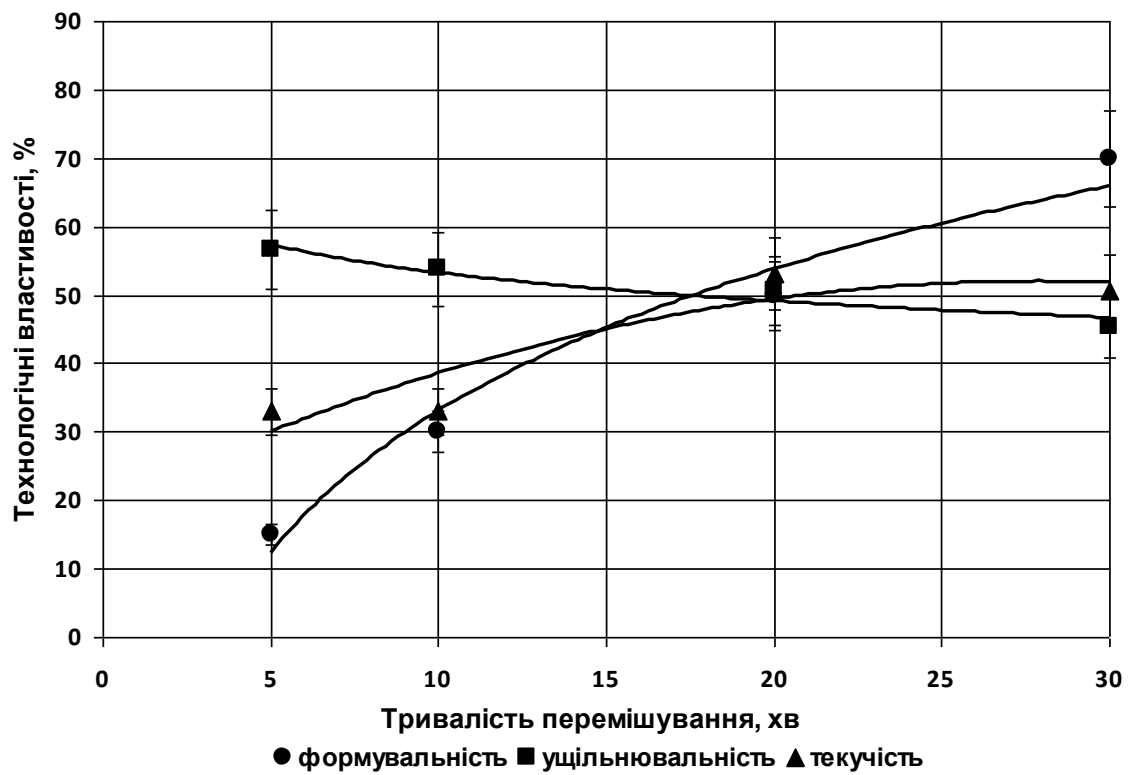


Рисунок 3.19 – Зміна технологічних властивостей формувальної суміші залежно від тривалості перемішування

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вступ

Невід'ємною частиною організації праці і виробництва є охорона праці. Вона вимагає створення таких умов трудової діяльності, при яких виключається вплив на працюючий персонал небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Крім того, охорона праці включає організаційні і технічні заходи, спрямовані на усунення причин травматизму і захворювань робітників та службовців на виробництві, створення для них безпечних умов, поступову ліквідацію шуму і вібрацій, запиленості виробничих приміщень, будівництво і реконструкцію санітарно-побутових приміщень, поліпшення забезпечення робітників засобами індивідуального захисту. Усе це в комплексі підвищує продуктивність праці людини і зберігає її здоров'я [14].

Метою даного розділу є аналіз небезпечних та шкідливих чинників, які існують при стабілізації властивостей універсальної суміші для виготовлення ливарних форм, розробка заходів і засобів для їх усунення, а також для запобігання надзвичайним ситуаціям.

4.2 Аналіз параметрів мікроклімату в приміщенні

Робота (Яка тема роботи?) проводиться в навчальному корпусі №9, в науково-дослідній лабораторії формувальних матеріалів 02, характеристики приміщення в якому знаходиться робоче місце зведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри науково-дослідної лабораторії

Довжина, м	6
Ширина, м	4,75
Висота, м	3,2
Площа, м. кв.	28,5
Об'єм, м. куб.	91,2

Відповідно до основних вимог до будівель виробничого призначення, які викладені в СНиП 2.09.02-85 [16], висота виробничих приміщень повинна бути не менше 3,2 м, а об'єм і площа – 15 м³ та 4,5 м² відповідно на кожного працівника.

В нашому випадку площа приміщення складає $S = 6 \cdot 4,75 = 28,5 \text{ м}^2$, а об'єм приміщення $V = 6 \cdot 4,75 \cdot 3,2 = 91,2 \text{ м}^3$. Під час досліджень в лабораторії працює 2 людини, звідки ми отримуємо, що площа на одну людину складає $S_{\text{ч}} = 28,5/2 = 14,25 \text{ м}^2/\text{чол.}$, а об'єм – $V_{\text{ч}} = 91,2/2 = 45,6 \text{ м}^3/\text{чол.}$

Отже, згідно СНиП 2.09.02-85, приміщення за геометричними параметрами відповідає основним вимогам до будівель виробничого призначення. План приміщення представлений на рис. 4.1.

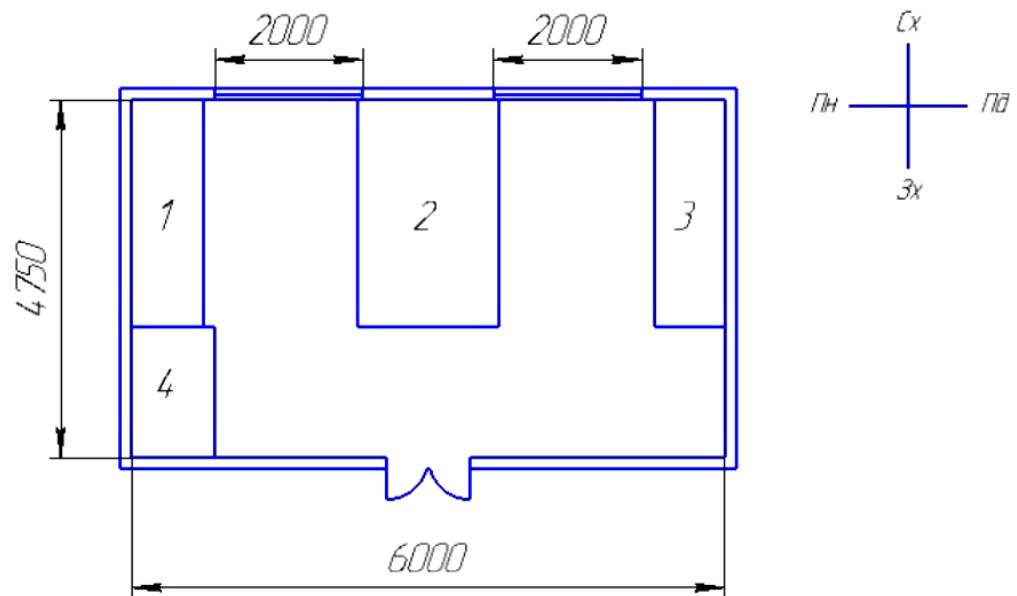


Рисунок 4.1 – План лабораторії формувальних матеріалів 02-9:

1 – робочий стіл із котковим змішувачем та з приладом для вимірювання обсипаємості; 2 – робочий стіл з копром, приладом для вимірювання вологості, приладом для вимірювання міцності; 3 – робочий стіл з мікроскопами; 4 – сушильна шафа

Робота, яка виконується у лабораторії, відноситься до категорії середньої важкості Па, оскільки робота пов'язана з ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів у положенні сидячи або стоячи і які

потребують незначного фізичного напруження. Енерговитрати організму становлять 151...200 ккал/год. Значення показників температури, відносної вологості та швидкості руху повітря для категорії робіт середньої важкості Па у лабораторії 02 відповідають допустимим вимогам встановлених для постійного робочого місця в холодний та теплий період року.

Дані умови мікроклімату виконуються завдяки встановленому водяному опаленню у холодний період року та штучній припливно-витяжній вентиляції у теплий період року. При роботі обладнання відбуваються деяке відхилення параметрів мікроклімату від оптимальних, зазначених у табл. 4.2, однак вони знаходяться у допустимих межах, встановлених ДСН 3.3.6.042-99 [17].

Таблиця 4.2 – Параметри мікроклімату

Категорія робіт	Параметр мікроклімату	Період року	Нормовані значення мікроклімату ДСН 3.3.6.042-99		Дані вимірювань	Висновки
			оптимальні	допустимі		
Середньої важкості Па	Температура, °С	Холодний	18...20	17...23	17	допустимі
		Теплий	21...23	18...27	22	оптимальні
	Відносна вологість повітря, %	Холодний	40...60	75	73	допустимі
		Теплий	40...60	65	58	оптимальні
	Швидкість руху повітря, м/с	Холодний	0,2	Не більше ніж 0,3	0,1	оптимальні
		Теплий	0,3	0,2...0,4	0,2	допустимі

Отримані дані вимірювань параметрів мікроклімату показали, що показники не виходять за межі допустимих значень для холодного періоду року, а для теплого періоду є оптимальними.

4.3 Аналіз освітленості приміщення

Як відомо освітлення поділяється на природне та штучне. В свою чергу природне освітлення, тобто те яке створене прямими сонячними променями поділяється на бокове, верхнє, комбіноване. Штучне освітлення, створене електричними джерелами світла, яке поділяється за функціональним призначенням на робоче, чергове, аварійне, евакуаційне, охоронне [14].

Природне освітлення, в даній лабораторії, одностороннє бокове, як видно з рис. 4.1.

Параметри приміщення 6x4,75x3,2 розряд зорових робіт середньої точності, нормоване значення освітленості на робочому місці $E_n = 200$ лк.

На фізичний стан людини та на її працездатність впливає надмірне чи недостатнє освітлення. Недостатня освітленість робочих місць, є однією з причин низької продуктивності праці. У цьому випадку очі працівника сильно напружені, важко розрізняють оброблювані предмети, у людини знижується темп і якість роботи, погіршується загальний стан. В свою чергу надмірна освітленість призводить до засліплюваності, яка характеризується різкою подразнювальною дією і різцю в очах, при цьому очі працівника швидко втомлюються і зорове сприймання погіршується [15].

Нормоване значення коефіцієнту природної освітленості (далі КПО), e_N визначаємо за формулою:

$$e_N = e_n \cdot m, \quad (4.1)$$

де e_n – значення КПО за таблицями 1 і 2 ДБН В.2.5-28-2006 (для робіт середньої точності $e_n = 1,5$);

m – коефіцієнт світлового клімату за таблицею 4 ДБН В.2.5-28-2006 (світлові прорізи в зовнішніх стінках будинків, для Київської області $m = 0,85$).

N – номер групи забезпеченості природним світлом за таблицею 4 ДБН В.2.5- 28-2006.

$$e_N = 1,5 \cdot 0,85 = 1,275$$

Розрахунок рівня природного освітлення здійснюється за формулою:

$$100 \cdot \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_H \cdot K_j \cdot \eta}{\tau \cdot r} \cdot K_{зд}; \quad (4.2)$$

$$\text{де } e_H = \frac{100 \cdot S_o \cdot \tau \cdot r}{S_n \cdot K_j \cdot \eta \cdot K_{зд}} \quad (4.3)$$

де $S_n = 28,5 \text{ м}^2$ – площа приміщення;

K_j – коефіцієнт запасу, враховує зниження світлопропускання вікон і середовища у приміщенні, $K_j = 1,2 \dots 1,5$. Приймаємо $K_j = 1,3$;

η – світлова характеристика вікон, залежить від відношення розмірів приміщення (довжини до глибини та глибини до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна), $\eta = 6,5 \dots 66,0$. Приймаємо $\eta = 13$;

$S_o = 4,5 \text{ м}^2$ – площа вікон;

$K_{зд} = 1$ – коефіцієнт, який враховує затінення будівлями, які розташовані навпроти (залежить від відношення відстані між будівлями до висоти карнизу протилежного будинку над підвіконником);

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання.

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4, \quad (4.4)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу, який визначається в залежності від виду світлопропускнуго матеріалу (при подвійному склі 0,8);

τ_2 – коефіцієнт, який враховує втрати світла у віконній рамі (вид рами дерев'яні 0,75); $\tau_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні $\tau_3=1$; при верхньому – $\tau_3=(0,8-0,9)$;

$\tau_4 = 1$ – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях.

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 0,6$$

$$e_H = \frac{100 \cdot 4,5 \cdot 0,6 \cdot 5,3}{48 \cdot 1,2 \cdot 13 \cdot 1} = 1,91$$

$$100 (9/28,5) = (e_N \cdot 1,3 \cdot 10 \cdot 1) / 0,6$$

$$31,58 = 13 e_N / 0,6$$

$$e_N = 1,46$$

Таким чином, коефіцієнт природного освітлення в нашому приміщенні становить 1,46 більше нормованого значення $e_N = 1,28$ розрахованого раніше,

то можна зробити висновок, що КПО відповідає встановленим нормативним вимогам ДБН В.2.5.28-2006. Таким чином природне освітлення в денний час дає змогу економити електроенергію і можливість працювати при природному освітленні, тобто e_N відповідає встановленим нормативним вимогам.

Освітлення лабораторії природне та штучне. Для місцевого освітлення використовуються лампи розжарювання, для загального – люмінесцентні ЛБ-40 (6 одиниць у лабораторії).

Штучне освітлення E повинно бути не менше 200 лк. Так, як штучного (загального) освітлення не достатньо, то використовується місцеве освітлення за допомогою 2 ламп розжарювання. Завдяки цьому освітлення лабораторії відповідає вимогам ДБН В.2.5.28-2006. і складає 200 лк.

Для забезпечення нормованих значень освітленості в приміщенні потрібно проводити чищення скла віконних рам і світильників не рідше двох разів у рік і проводити своєчасну заміну перегорілих ламп.

4.4 Аналіз рівня шуму

У лабораторії є джерела шуму: коткові змішувачі, копри, прилад для визначення міцності, прилад для визначення вологості, прилад для визначення обсипаємості.

За часовою характеристикою шум відноситься до непостійного переривчастого. При переривчастому шумі рівень звуку може різко падати до фонового рівня, а довжина інтервалів, коли рівень залишається постійним і перевищує фоновий рівень, досягає 1 с та більше. За походженням шум поділяється на електромагнітний (джерело – електроустаткування) та механічний (джерело – гідравлічні преси). При одночасній роботі всього устаткування рівень шуму може перевищувати допустимі норми ДСН 3.3.6.037-99[19], що призводить до виникнення профзахворювань.

Шум може викликати різні загально біологічні подразнення, патологічні зміни, функціональні розлади та механічні ушкодження. Під час роботи в шумних умовах продуктивність ручної роботи може знизитись до

60%, а при розрахунках – до 50%. При тривалій роботі в шумних умовах перш за все уражаються нервова та серцево-судина система та органи дихання.

Для зменшення шкідливого впливу виробничого шуму на працівників шумних виробництв застосовують звуко- і віброізоляцію, звуко- і вібропоглинання та глушники шуму.

4.5 Аналіз запиленості повітря робочої зони пилом

При змішуванні, дозуванні та пресуванні можливе утворення сілікатовмісного пилу ($5,3 \text{ мг/м}^3$, при нормативному значенні 6 мг/м^3). Пил впливає на організм людини переважно як фіброгенний фактор, що викликає подразнення слизових оболонок, дихальних шляхів та осідаючись в легенях практично не потрапляє до кровообігу внаслідок поганої розчинності в біологічних середовищах. Найбільшу небезпеку чинить дрібнодисперсний пил. Такий пил, на відміну від крупнодисперсного, практично не осідає в повітрі приміщення, а знаходиться у підвішеному стані і легко потрапляє до легень.

Чистота повітря в лабораторії визначається вмістом пилу і шкідливих речовин. У ГОСТ 12.1.005-88 [19] встановлені гранично допустимі концентрації шкідливих речовин $q_{ГДК}$ (мг/м^3) в повітрі робочої зони виробничих приміщень.

Гігієнічне нормування шкідливих речовин проводять по граничнодопустимих концентраціях (ГДК, мг/м^3) у відповідності з нормативними документами. Для робочих місць визначається гранично допустима концентрація в робочій зоні $ГДК_{рз}$ (ГОСТ 12.1.005-88, СН245-71).

Концентрація шкідливих речовин, що впливають на організм людини, в лабораторії в умовах експерименту не перевищує гранично допустимих концентрацій. Для запобігання попадання пилу у дихальні шляхи рекомендується при змішуванні та дозуванні використовувати респіратор (СН245-71) [20]. Використовували протипилові респіратори. Всі шкідливі речовини, які створюють пил, зберігаються в посуді, що щільно закривається

у витяжній шафі. Особи, що піддаються впливу пилу забезпечувались спецодягом.

4.6 Електробезпека

У лабораторії 02-9 використовується струм напругою 220 В для живлення коткового змішувача, приладу для визначення вологості та приладу для визначення обсипаємості. Опір ізоляції силових та освітлювальних електропроводів повинен бути не менше 0,5 МОм.

Категорія приміщення визначається наявністю в приміщенні чинників підвищеної або особливої небезпеки електротравм. До чинників підвищеної небезпеки належать: температура в приміщенні, що впродовж доби перевищує 35 °С; відносна вологість більше 75%, але менше повного насичення (100%); струмопровідна підлога — металева, бетонна, цегляна, земляна тощо; струмопровідний пил; можливість одночасного доторкання людини до неструмовідних частин електроустановки і до металоконструкцій, що мають контакт із землею. Лабораторія 02-9 належить до приміщення з підвищеною небезпекою електротравм.

Можливими випадками ураження електричним струмом у даній лабораторії є пробій на корпусі або пошкодження проводки установок, відсутність заземлення електричного обладнання або пошкодження розетки.

Основні чинники електричного характеру це:

а) величина струму – гранично допустимий струм, який може пройти через людину, при нормальному (неаварійному) режимі роботи електроустановки не повинен перевищувати 0,3 мА для перемінного струму і 1 мА для постійного;

б) величина напруги – гранично допустима напруга для людини при нормальному (неаварійному) режимі роботи електроустановки не повинна перевищувати 2...3 В для перемінного струму і 8 В для постійного;

в) електричний опір тіла людини;

г) частота і рід струму.

Основними чинниками неелектричного характеру є шлях струму через людину, індивідуальні особливості і стан організму людини, час, раптовість і непередбачуваність дії струму.

Чинниками виробничого середовища, які впливають на небезпеку ураження людини електричним струмом, є температура повітря в приміщенні, вологість повітря, запиленість повітря, наявність в повітрі хімічно активних домішок тощо.

Для забезпечення безпеки використання електроустановок необхідне точне дотримання правил технічної експлуатації та проведення заходів щодо захисту від електротравматизму. Важливе значення для захисту від випадкових дотиків має ізоляція струмоведучих частин і деталей, а також заземлення електричного обладнання.

4.7 Пожежна безпека

Пожежа – це неконтрольоване горіння поза спеціальними осередками, що розповсюджується в часі і просторі. У даній лабораторії можливі пожежі класу А (горіння твердих речовин).

Відповідно до НАПБ Б.03.002-2007[21] приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії Д (негорючі речовини та матеріали в холодному стані).

Можливими причинами виникнення пожеж у приміщенні лабораторії можуть бути: коротке замикання в електричних ланцюгах, порушення правил пожежної безпеки при використанні побутових електронагрівальних приладів.

В споруді передбачені технічні (лабораторія оснащена автоматичною пожежною сигналізацією, лабораторія обладнана внутрішнім протипожежним водопроводом), організаційні (розроблено інструкції про міри пожежної безпеки, вивішені на поверххах плани евакуації (рис. 4.2), створено пожежно-технічну комісію) та режимні (обмеження числа осіб, що здійснюють експлуатацію устаткування, виділено визначені місця для паління) заходи щодо забезпечення пожежної безпеки.

У приміщенні лабораторії встановлено 4 пожежні сигналізатори ИП-105, сигнал з яких надходить на основну панель пожежної сигналізації. Сигналізатори ИП-105 спрацьовують на підвищення температури до $t = 72$ °С. У коридорі знаходиться пожежний кран із приєднаним пожежним рукавом.

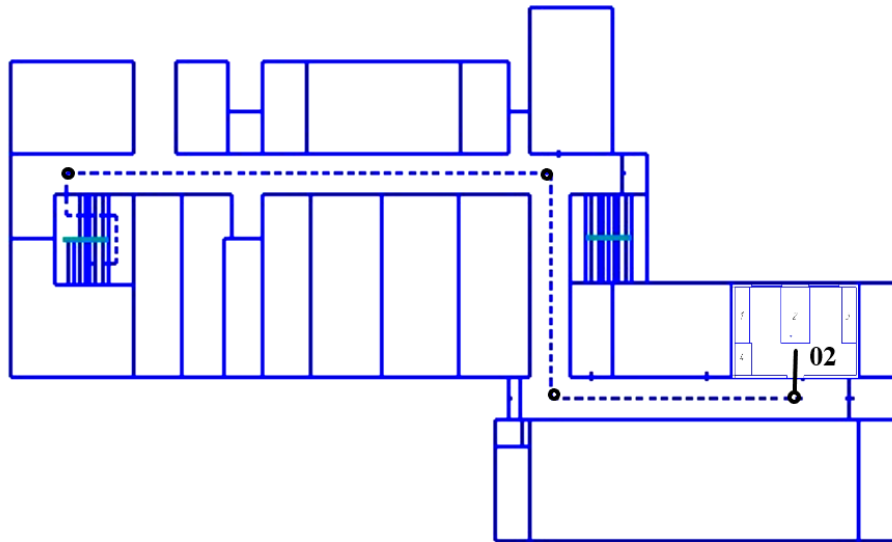


Рисунок 4.2 – План евакуації з приміщення

Відповідно до ДБН В.1.1-7-2002[9] будівля відноситься до I ступеня вогнестійкості (будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів). На рис. 4.2 представлено план евакуації з приміщення.

4.8 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Щодня у світі фіксуються тисячі подій, при яких відбувається порушення нормальних умов життя і діяльності людей і які можуть призвести або призводять до загибелі людей та до значних матеріальних втрат. Такі події називаються надзвичайними ситуаціями.

Загальними ознаками надзвичайних ситуацій є:

- наявність або загроза загибелі людей чи значне погіршення умов їх життєдіяльності,

- заподіяння економічних збитків,
- істотне погіршення стану довкілля.

Надзвичайні ситуації класифікуються за рівнями:

- НС об'єктового рівня;
- НС місцевого рівня;
- НС регіонального рівня;
- НС загальнодержавного рівня.

Надзвичайна ситуація об'єктового рівня – розгортається на території об'єкту або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони. Даний вид надзвичайної ситуації властивий корпусу №9 НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій за характером походження подій, котрі зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняє чотири класи надзвичайних ситуацій:

- техногенного характеру;
- природного характеру;
- соціально-політичного характеру;
- військового характеру.

Кожен клас надзвичайних ситуацій поділяється на групи, які містять конкретні їх види.

На стійкість роботи об'єкту впливають наступні фактори: надійність захисту робітників і службовців від дії стихійних лих та техногенних катастроф; здатність протистояти дії цих стихійних лих і аварій (катастроф); підготовленість об'єкта до проведення рятувальних і невідкладних аварійних відновлювальних робіт і робіт по відновленню порушеної роботи споруди.

У корпусі №9 можуть мати місце такі фактори виникнення надзвичайної ситуації: стихійні лиха – явища природи такого масштабу, які

викликають катастрофічні ситуації, що характеризуються раптовим порушенням нормальної життєдіяльності населення, руйнування і знищення матеріальних цінностей (землетруси, зсуви, урагани).

Для захисту від землетрусів завчасно визначаються сейсмічні та небезпечні зони в різних регіонах держави, тобто проводиться сейсмічне районування. На картах сейсмічного районування переважно виділяють області, яким загрожує землетрус інтенсивністю VII-VIII балів по шкалі Ріхтера .

Будівлі факультету не загрожують дії землетрусів, оскільки Київська область не знаходиться в сейсмічно небезпечній зоні.

Достатньо стійка будівля і до дії зсувів. Територія будівлі знаходиться на рівній поверхні і ймовірність виникнення зсувів наближається до нуля.

Однак існує ймовірність того, що будівля може піддаватися дії ураганного вітру, хоча на даній місцевості ніколи не було зареєстровано вітру силою 12 балів по шкалі Бофорта. Сучасні методи прогнозу погоди дозволяють за декілька годин і навіть діб попередити населення про насування такого стихійного лиха.

Для захисту будівлі від пожеж, що викликані стихійними лихами (блискавки, замикання електропроводки внаслідок пошкодження магістралей і т.п.) використовуються громовідводи, автоматичні системи відключення, системи автоматичного пожежогасіння, а також первинні засоби пожежогасіння.

Виробничі аварії – раптовий вихід з ладу печей під час їх експлуатації, що супроводжується серйозними порушеннями виробничого процесу, утвореннями вогнищ, пожеж, зон забруднення або виникнення інших ситуацій, що створюють загрозу людям і навколишньому середовищу.

Наслідками виробничих аварій і катастроф в лабораторіях корпусу №9, як правило являються пожежі, в результаті яких руйнується будівля, пошкоджується техніка і обладнання.

Для захисту лабораторій факультету від виробничих аварій і катастроф, а також їх попередження, здійснюється комплекс організаційних заходів, які

визначають вимоги охорони праці і техніки безпеки, протипожежної безпеки, а також вимог інструкції по експлуатації обладнання, електричних установок, ємностей під тиском.

План евакуації з лабораторії 001 9 корпусу НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського, де проводилися дослідження зображено на рис 4.2

Найвіддаленіша відстань для евакуації = 2+10+10+30= 52 м. Процес евакуації з робочого місця можна розбити на три етапи:

- 1) евакуація з лабораторії (кількість працівників 2, ширина проходу 1 м)
- 2) шлях до сходів (кількість працівників 10, ширина проходу 2 м)

Перевіримо, чи відповідає це значення нормативним даним. Для цього визначимо щільність людей в загальному проході. Оскільки на один прохід припадає 15 особи, а його площа від найвіддаленіших робочих місць становить $30 \cdot 2 = 60 \text{ м}^2$, то $Z = 15/60 = 0,25 \text{ особи/м}^2$. Максимально допустима відстань від найвіддаленішого робочого місця до евакуаційного виходу з поверху при такому значенні Z та об'ємі приміщень 3136 м^3 становить 100 м. В нашому випадку ця вимога виконується.

Визначаємо необхідну ширину евакуаційного виходу, якщо кількість людей на 1 м ширини такого виходу становить 110 осіб, в нашому випадку 48. Отже $B=15/110=0,07 \text{ м}$. В нашому випадку $= 2 \text{ м}$, що відповідає цій вимозі.

За формулою 4.5 розраховуємо щільність людей у проходах на кожному етапі:

$$D = \frac{N \cdot f}{l \cdot d} \quad (4.5)$$

де N – число людей на ділянці;

f – середня площа горизонтальної проекції людини дорослої в літньому одязі - $0,1 \text{ м}^2$);

l – довжина проходу, м;

d – ширина проходу, м;

$$D_1 = \frac{2 \cdot 0,1}{11 \cdot 1} = 0,018, \text{чол/м}^2;$$

$$D_2 = \frac{8 \cdot 0,1}{14 \cdot 2} = 0,028, \frac{\text{чол}}{\text{м}^2};$$

Скориставшись одержаними даними, отримаємо $v_1=75,33$, $v_2=47$, $v_3=100$;

Визначаємо значення t_1 , t_2 , t_3 :

$$- t_1 = 7 / 75,33 = 0,09 \text{ хв};$$

$$- t_2 = 3 / 47 = 0,06 \text{ хв};$$

$$- t_3 = 28 / 100 = 0,28 \text{ хв};$$

$$- t = 0,09 + 0,06 + 0,28 = 0,43 \text{ хв} = 25,8 \text{ с.}$$

Таким чином, розрахований час для евакуації людей з приміщення становить близько 25,8 секунд, а максимально допустимий же час, при заданих умовах, становить 1,25 хв [22].

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Науково-технічна актуальність теми дослідження

Піщано-глинясті суміші мають значну перевагу в тому, що можуть використовуватися багаторазово для виготовлення сирих і сухих ливарних форм. Глина – зв’язувальний компонент з оборотними характеристиками тверднення.

Внаслідок тривалої експлуатації у сумішах накопичується значна кількість шкідливих домішок (пил, неактивна глина тощо). Вони знижують міцність, газопроникність та технологічні властивості сумішей.

Впродовж багатьох років лабораторну суміш багаторазово використовували для виготовлення художніх та навчально-лабораторних виливків, при цьому її жодного разу не регенерували, а лише проводили мінімальне освіження суміші.

Мета роботи: розроблення процесу регенерації та освіження оборотної піщано-глинястої суміші для виготовлення виливків із сплавів чорних і кольорових металів у сирих та сухих ливарних формах

Задачі:

1. Проаналізувати властивості оборотної піщано-глинястої формувальної суміші у сирому та в сухому станах та визначити конкретні причини незадовільної якості литва.

2. Дослідити вплив інтенсивності та тривалості мокрої регенерації на залишковий вміст глинястої складової.

3. Встановити вплив добавок свіжого формувального піску і бентонітової глини на комплекс властивостей суміші та визначити оптимальну кількість цих добавок.

4. Прослідкувати зміну фізико-механічних та технологічних властивостей суміші залежно від кількості етапів регенерації.

5. Дослідити вплив тривалості перемішування регенованої суміші на комплекс її властивостей у сирому та в сухому станах.

6. Виготовити ливарні форми із базової оборотної та регенованої сумішей та порівняти якість виливків.

5.2 Розрахунок витрат на проведення дослідження

5.2.1 Витрати на оплату праці

Розрахунок витрат на оплату праці науково-дослідницького персоналу базується на визначенні трудомісткості окремих робіт по темі роботи та їхньої заробітної плати (враховуючи кількість виконавців, їхню кваліфікацію і завантаженість роботою на різних етапах роботи) [23].

У випадку відсутності відповідних розрахункових методик трудомісткість різних етапів виконання роботи встановлюється на базі експертних оцінок, які дають провідні фахівці. При цьому магістерська дисертація розглядається як сукупність макроетапів, аналіз кожної окремої операції не проводиться. Результати експертної оцінки трудомісткості етапів наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Трудомісткість етапів магістерської дисертації

Найменування робіт по темі дослідження	Трудомісткість, людино-днів			
	доцент, кандидат технічних наук	асистент викладача, без наукового ступеню	інженер – дослідник (магістр)	технік 1 категорії
Уточнення завдань по темі дослідження	1	2	3	-
Аналіз науковотехнічних публікацій з теми	2	4	12	-
Розробка методики проведення роботи	2	2	2	5
Підготовка компонентів суміші	1	2	10	-
Приготування суміші. Виготовлення зразків	-	2	25	-
Дослідження зразків	2	4	15	-
Аналіз результатів	5	7	20	-
Всього	13	23	87	5

Під час виконання роботи було задіяно чотири виконавці: доцент, кандидат технічних наук; асистент викладача, без наукового ступеню; інженер-дослідник (магістр) та технік 1 категорії. Місячні посадові оклади заробітної плати співробітників кафедри ливарного виробництва чорних та кольорових металів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» наведені в табл. 5.2.

Денна заробітна плата кожного з виконавців визначається як місячна заробітна плата, поділена на середню кількість днів у місяці, що при п'ятиденному робочому тижні становить 21,2 дні. Величина денної заробітної плати виконавців роботи наведена в табл. 5.2.

Величина заробітної плати виконавців (ФЗП) обчислюється як сума добутоків трудомісткості і денної заробітної плати кожного з них:

$$\text{ФЗП} = 13 \cdot 516,23 + 23 \cdot 421,13 + 87 \cdot 0 + 5 \cdot 223,13 = 17512,63 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців теми	Планова трудомісткість, людино-днів	Заробітна плата, грн		
		посадовий місячний оклад	середньоденна зарплата	усього за виконавцями
Доцент, кандидат технічних наук	13	10944,00	516,23	6710,99
Асистент викладача, без наукового ступеню	23	8928,00	421,13	9685,99
Інженер–дослідник (магістр)	87	0,00	0,00	0,00
Технік 1 категорії	5	4731,00	223,13	1115,65
Разом оплата праці науково дослідної роботи				17512,63

5.2.2 Єдиний соціальний внесок

Згідно з діючим законодавством України єдиний соціальний внесок складає 22,0% від заробітної платні.

$$B_C = 0,22 \cdot 17512,63 = 3852,78 \text{ грн}$$

5.2.3 Матеріали, необхідні для проведення досліджень

Для виготовлення експериментальних зразків були використані наступні матеріали: кварцовий пісок, каолінова глина, бентонітова глина. Дані про вартість перелічених матеріалів наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Вартість основних матеріалів

Найменування	Одиниця вимірювання	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Кварцовий пісок	кг	5	0,52	2,60
Бентонітова глина	кг	1	3,30	3,30
Каолінова глина	кг	1	2,50	2,50
Всього				8,40

В роботі використовували наступні прилади та обладнання: електронні ваги; муфельна піч МП-2 ; лабораторний копер моделі 030М; котковий змішувач моделі 018М; сито для просіювання оборотної суміші; прилад моделі 029 для ситового аналізу; прилади для визначення міцності при стисканні; прилад для визначення обсипаємості; прилад для визначення газопроникності; гільзи для виготовлення зразків; прилад для визначення вологості.

Дане обладнання було придбано раніше і використовується для виконання інших дипломних робіт, тому витрати на придбання, утримання та експлуатацію обладнання відносяться до статті «накладні витрати».

У виконанні даної дипломної роботи сторонні організації участі не приймали.

Усі роботи, пов'язані з виконанням дипломною роботою за даною темою, проведені на кафедрі ливарного виробництва КПІ імені Ігоря Сікорського. Окремі службові відрядження не планувались.

5.2.4 Визначення інших прямих неврахованих витрат

Інші прямі невраховані витрати ($C_{\text{інш}}$) плануються у розмірі 10% від врахованих.

$$C_{\text{інш}} = 0,1 \cdot (ЗП + V_C + C_M), \quad (5.1)$$

де ФЗП – фонд заробітної плати;

V_C – єдиний соціальний внесок;

C_M – повна сума витрат на матеріали.

$$C_{\text{інш}} = 0,1 \cdot (17512,63 + 3852,78 + 8,40) = 2137,38 \text{ грн.}$$

5.2.5 Накладні витрати

До накладних витрат (НВ) відносяться витрати на заробітну плату адміністративно-управлінського, господарчого та допоміжного персоналу (разом з єдиним соціальним внеском), витрати на допоміжні виробництва, видатки на охорону праці, техніку безпеки та екологію, фінансування підготовки кадрів, воєнізованої охорони і деякі інші.

Норматив відрахувань на накладні витрати на кафедрі ливарного виробництва КПІ імені Ігоря Сікорського встановлений в розмірі 16% планової суми прямих витрат по темі дисертації.

Розраховуємо величину накладних витрат наступним чином:

$$НВ = 0,16 \cdot (ФЗП + ВС + СМ + С_{інш}), \quad (5.2)$$

де ФЗП – фонд заробітної плати;

В_С – єдиний соціальний внесок;

С_М – повна сума витрат на матеріали;

С_{інш} – інші прямі невраховані витрати.

$$НВ = 0,16 \cdot (17512,63 + 3852,78 + 8,40 + 2137,38) = 3761,79 \text{ грн.}$$

5.2.6 Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми

Планова кошторисна вартість визначається як сума витрат за окремими статтями вартості. Результати визначення вартості наведені у табл.5.4.

Таблиця 5.4 – Калькуляція планової кошторисної вартості

Найменування калькуляційних статей	Позначення	Сума	
		грн.	%
Загальна заробітна плата	ФЗП	17512,63	64,21
Єдиний соціальний внесок	В _С	3852,78	14,13
Матеріали, необхідні для виконання НДР	С _М	8,40	0,03
Спеціальне обладнання для наукових робіт	С _{ОБ}	-	
Робота і послуги сторонніх організацій	С _{СТОП}	-	
Витрати на службові відрядження	С _{ВІД}	-	
Інші прямі невраховані витрати	С _{ІНШ}	2137,38	7,84
Накладні витрати	Н _В	3761,79	13,79
Всього		27272,98	100

Згідно з табл. 5.3 загальна планова кошторисна вартість роботи складає: ВНДР = 27272,98 грн

5.3 Визначення очікуваних результатів та розрахунок показників економічної ефективності

Кінцевим результатом роботи є досягнення наукового, науково-технічного, економічного, соціального, екологічного ефектів. У цьому випадку можна застосувати оцінку умовної ефективності по окремих її характеристиках:

- важливість розробки (K1);
- можливість використання результатів розробки (K2);
- теоретичне значення та рівень новизни (K3);
- складність розробки (K4).

Шкала для оцінки важливості розробки K1:

1. Ініціативна робота, яка не є, а ні частиною комплексної програми, а ні завданням директивних органів – 1;
 2. Робота, яка виконується за договором про науково-технічні допомоги – 3;
 3. Робота представляє собою частину відомчої програми – 5;
 4. Робота представляє собою частину відомчої комплексної програми – 7;
 5. Робота виконується як частина міжнародної комплексної програми – 8;
- Приймаємо показник важливості розробки $K1 = 5$.

Шкала для оцінки можливості використання результатів розробки K2:

1. Результати розробок можуть бути використані в даному підрозділі – 1;
2. Результати розробки можуть бути використані в даній організації – 3;
3. Результати розробки можуть бути використані в багатьох організаціях – 5;
4. Результати розробки можуть бути використані в масштабах галузі – 8;
5. Результати розробки можуть бути використані в багатьох різноманітних галузях – 10;

Приймаємо показник $K2 = 5$.

Шкала для оцінки теоретичної значимості і рівня нововведення K3:

1. Аналіз узагальнення і класифікація відомої інформації, подібні результати були відомі в досліджуваній області – 2;
 2. Одержання нової інформації, що доповнить подання про суттєвість досліджуваних процесів, не відомої в дослідницькій області – 3;
 3. Одержання нової інформації, яка частково міняє уявлення про суттєвість дослідження процесів, не відомих раніше – 5;
 4. Створення нових теорій, методик і т. п. – 6;
 5. Одержання інформації, яка служить формуванню нових напрямків – 8;
- Приймаємо показник $K3 = 5$.

Шкала для оцінки показників складності дослідження K4:

1. Робота виконується одним підрозділом, витрати менше 20 тис.грн. – 1;
 2. Робота виконується одним підрозділом, витрати 20...100 тис.грн. – 3;
 3. Робота виконується одним підрозділом, витрати 100...200 тис.грн. – 5;
 4. Робота виконується з урахуванням багатьох підрозділів, витрати від 200 тис.грн. до 1 млн.грн. – 7;
 5. Робота виконується декількома організаціями, витрати понад 1млн.грн. – 9.
- Приймаємо показник $K4 = 3$.

Загальна оцінка (Б) визначається як добуток коефіцієнтів :

$$Б = K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4, \quad (5.3)$$

де $K1$ – важливість розробки;

$K2$ – можливість використання результатів розробки;

$K3$ – теоретичне значення та рівень новизни;

$K4$ – складність розробки.

$$Б = 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3 = 375 .$$

Умовний річний економічний ефект науково-дослідної роботи визначається:

$$\epsilon_{\text{НДР}} = 500 \cdot B - E_{\text{Н}} \cdot V_{\text{НДР}}, \quad (5.4)$$

де 500 – умовна вартість одного балу;

$E_{\text{Н}}$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності ($E_{\text{Н}} = 0,15 \div 0,5$, для нашого розрахунку обираємо $E_{\text{Н}} = 0,50$);

$V_{\text{НДР}}$ – витрати на виконання НДР (планова річна кошторисна вартість виконання НДР, для нашого розрахунку $V_{\text{НДР}} = 27272,98$ грн.).

Таким чином, умовний економічний ефект відповідно (5.4) становить:

$$\epsilon_{\text{НДР}} = 500 \cdot 375 - 0,50 \cdot 27272,98 = 173863,51 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність НДР визначається коефіцієнтом ефективності E , який характеризує частку загального ефекту від розробки на умовну одиницю витрат:

$$E_{\text{НДР}} = \epsilon_{\text{НДР}} / V_{\text{НДР}}, \quad (5.5)$$

Підставивши значення у формулу (5.5) знайдемо коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = 173863,51 / 27272,98 = 6,37$$

Отже, судячи з розрахованого коефіцієнта, виконання даної дисертації є економічно обґрунтованим.

5.4 Висновки до розділу

Проведено економічний аналіз доцільності даної магістерської дисертації та виявлено, що дане дослідження є раціональним з економічної точки зору.

6 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

6.1. Опис ідеї проекту

Розроблено технологію відновлення властивостей після багаторазового використання оборотної піщано-глинястої суміші для виготовлення виливків із чавуну, сталі, мідних та алюмінієвих сплавів із застосуванням формовки по-сирому та по-сухому.

В проекті реалізовано технологію гідравлічної регенерації суміші, заміни зв'язувального компонента на високоміцну бентонітову глину та освіження добавками формувального піску. Опис ідеї стартапу наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Відновлення фізико-механічних та технологічних властивостей суміші у сирому та сухому стані	Ливарне виробництво будь-якої серійності	- зменшений відсоток браку; - простота роботи з сумішшю; - підвищення якості виливків із залізовуглецевих та алюмінієвих сплавів

На кожному підприємстві є сумішоприготувальна дільниця або відділення, де готується формувальна суміш для конкретного металу або способу формовки (по-сирому або по-сухому). Але на підприємствах з малосерійним або індивідуальним виробництвом, через економічну недоцільність використання спеціальних сумішей, суміш універсальна. Її не заміняють після багаторазового використання, а лише освіжують. Очевидно, з таким формувальним матеріалом важко досягти належної якості литва.

Тому приймається рішення перейти на новий рівень – відновлення суміші. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту виконано в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Техніко- економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів		
		мій проект	суміші з рідким склом	піщано-смоляні суміші
Економічніпоказники				
1	Собівартість сумішей	дешевший	дорожчий	дорожчий
		S	W	W
2	Вартість обслуговування обладнання	низька	середня	середня
		S	N	N
3	Екологічність	висока	середня	низькі
		S	N	N
4	Затрати електропостачання	низькі	низькі	середні
		S	S	N

* W (слабка сторона), N (нейтральна сторона), S (сильна сторона)

Основним чинником виконання даної роботи є можливість застосування простої та доступної технології регенерації та сумішоприготування. Дана технологія повинна мати гарну відтворюваність результатів, та мати економічний ефект при використанні.

Аналіз технології наведено в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технології	Доступність технологій
1	Відновлення фізико-механічних властивостей оборотної суміші шляхом регенерації й освіження	Гідравлічна регенерація в один етап загальною тривалістю не більше 8 хв та подальше перемішування у коткових змішувачах не менше 10 хв.	Технологія приготування суміші не відрізняється від попередніх (можливе використання любого типу змішувачів)	Доступна технологія
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: приготування оборотної суміші після гідравлічної регенерації з додаванням свіжих піску та глини				

Технологія приготування суміші не змінюється. Регенерацію за розробленою схемою можна рекомендувати підприємствам з будь-якою серійністю. Доцільно застосовувати розробку тільки для оборотних піщано-глинястих сумішей

Також при входженні на ринок слід враховувати цільову аудиторію, на яку буде направлено збут товарів та послуг, враховуючи потреби та вимоги споживачів, так як вони формують ринок (табл. 6.4).

Таблиця 6.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінність у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Погіршення якості литих виробів при литті в піщано-глинясті сухі форми	Ливарні підприємства, цехи	Провести мінімальний набір експериментів задля визначення властивостей, які особливо потребують покращення	Вимоги до товару: <ul style="list-style-type: none"> • низька вартість; • висока зносостійкість; • відповідність вказаним властивостям. Вимоги до компанії <ul style="list-style-type: none"> • стабільність поставок; • можливість корегування замовленням

Однак, паралельно з перевагами отримання прибутку можуть виникнути загрози зриву проекту, які детально розглянуто в табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Фактори загроз

Фактори	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Наявність обладнання для приготування	Змішувач вийшов з ладу	Приготування суміші тільки для облицювального шару
Наявність сировини	Відсутність на підприємстві формувального піску і бентонітової глини	Закупівля формувальних матеріалів
Низька якість початкової суміші	Велика кількість дефектів	Провести регенерацію суміші для видалення з неї пилу з додатковим освіженням свіжим піском

Як видно із даної таблиці, найбільшу небезпеку на сьогодні становить відсутність обладнання для приготування суміші. Для проведення регенерації, наприклад, 1 тонни суміші необхідно витратити близько 27 годин, тобто не менше 4 робочих днів.

Аналізуючи всі наведені фактори, доцільно провести SWOT аналіз, який представлено в табл. 6.6. SWOT - аналіз для визначення факторів і явищ, які мають найбільший вплив на підприємство. Цей етап включає також визначення стадії життєвого циклу продукції, що дає змогу оцінити необхідність вкладень в розроблення вдосконалених видів продукції з тим, щоб уникнути погіршення ринкової позиції в майбутньому.

Таблиця 6.6 – SWOT - аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
Процес регенерації забезпечить високий рівень властивостей суміші і належну якість литва протягом як мінімум року	Апробацію було проведено лише для дрібних виливків із залізобетонних та алюмінієвих сплавів. Якщо підприємство заливає інші сплави, необхідно провести додатковий експеримент.
Можливості	Загрози
Можливість продовжити термін використання оборотної суміші з покращенням якості литва	Ризик значного підвищення вмісту глинястої складової в суміші

Strengths (Сильні сторони – досвід та вміння, що дають змогу організації задумати та забезпечити виконання її стратегії).

Weaknesses (Слабкі сторони – досвід і вміння, що не сприяють вибору та втіленню стратегії, потрібної для виконання місії організації. Організація має два шляхи вирішення проблеми «слабких сторін». По-перше, вона може робити інвестиції, щоб отримати перевагу, необхідну для виконання місії. По-

друге, можна змінити місію так, щоб її досягти за допомогою досвіду й умінь, які організація вже має).

Opportunities (Можливості – це умови середовища, що забезпечують досягнення високого результату),

Threats (Загрози – це умови середовища, що ускладнюють досягнення високих результатів навиків і вмінь).

Для визначення існуючої позиції бізнесу та його частин, а також розробки можливих напрямків розвитку можуть використовуватися моделі портфельного аналізу.

Таким чином, можна побачити що оборотна піщано-глиняста суміш після регенерації та освіження є перспективним матеріалом для виготовлення сирих або сухих форм для лиття залізобетонних або алюмінієвих сплавів, використання яких може бути реалізовано на ливарному підприємстві (або в ливарному цеху) будь-якої серійності. Швидкість реалізації залежить від об'єму оборотної суміші.

6.2 Висновки до розділу 6

1. У роботі досліджено можливість ринкової комерціалізації проекту.
2. Розроблена технологія відновлення властивостей суміші є перспективною для впровадження у виробництво, оскільки вона дешева, проста та екологічна.
3. Визначено загальні напрями використання розробки та проаналізовано ринкові можливості щодо реалізації бізнес-проекту.

ВИСНОВКИ

1. Для відновлення властивостей піщано-глинястої суміші, призначеної для формування по-сирому і по-сухому, ефективним є проведення гідравлічної регенерації. Це дає змогу значною мірою знизити вміст неактивної глинястої складової та пилоподібних домішок, підвищити міцність і газопроникність у сирому стані.

2. Показано, що для забезпечення вмісту залишкової глинястої складової на рівні 5...6% достатнім є проведення лише одного етапу гідравлічної регенерації тривалістю 60 с.

3. Для підвищення комплексу властивостей у сирому стані доцільним є додавання свіжого піску у кількості близько 15%. Така добавка, однак, негативно позначається на міцності та обсипаємості в сухому стані, внаслідок недостатньої однорідності складу суміші (недостатнє розосередження глини по частинках доданого піску).

4. Збільшення тривалості перемішування від 5...30 хв сприяє значному покращенню властивостей суміші в сухому стані, що пов'язано із гомогенізацією її складу та рівномірному розосередженню глини по зернах піску.

5. Встановлено, що після одноразової гідравлічної регенерації, додавання 7% свіжої бентонітової глини, 15% піску досягається збільшення міцності в сирому стані у 2 рази, міцності в сухому стані у 2,5 рази, газопроникності у 2...3 рази, зниження обсипаємості в сухому стані менше 0,5%. Комплекс властивостей цієї оборотної суміші робить її універсальною для виготовлення сирих і сухих форм і отримання виливків із залізвуглецевих і кольорових сплавів.

6. На основі експериментальних даних, отриманих у дисертації, рекомендується процес регенерації за вказаною схемою для усього обсягу (3 тонни) лабораторної суміші. Після такого оброблення вона буде придатною для багаторічного використання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Болдин А.Н., Давыдов Н.И., Жуковский С.С. и др. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия. – М.: Машиностроение, 2006. – 507 с.
2. Федоров Н.Н. Аддитивный способ изменения свойств бентонитовой формовочной глины // Вісник Донбаської державної машинобудівної Академії, 2010. - №3(20). – С.249...253.
3. Илларионов И. Е. Формовочные материалы и смеси. Ч.1: Монография / И. Е. Илларионов, Ю. П. Васин. – Чебоксары: Издательство Чувашского государственного университета, 1992. – 223 с.
4. Кваша Ф.С. Влияние колебаний состава и свойств формовочных смесей на вероятность образования дефектов отливок // Библиотечка литейщика, 2013. – №8. – С. 9...14.
5. Мороз И.И. Фарфор, фаянс, майолика. – М.: Техника, 1975. – 352 с.
6. Круглицкий Н.Н. Физико-химические основы регулирования свойств дисперсных глинистых минералов. – К.: Наукова думка, 1968. – 320 с.
7. Дорошенко С.П., Авдокушин В.П., Русин К., Мацашек И. Формовочные материалы и смеси. – К.: Вища школа, 1980. – 416 с.
8. Дорошенко С.П. Формувальні суміші. – К.: ІЗМН, 1997. – 140 с.
9. Виленская И.А. Свойства формовочных материалов при высоких температурах / В сб. «Формовочные материалы» под общ. ред. П. П. Берга. – М: Машгиз, 1954. – С.25...36.
10. Федоров Г.Є., Фесенко А.М., Ямшинський М.М., Фесенко М.А. Контроль якості продукції в машинобудуванні. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 332 с.
11. Туманова Л. П. О контроле влажности песчано-глинистых смесей / Л. П. Туманова, Ф.С. Кваша //Литейное производство. – 2003. - №1. - С. 33...35.

12. Матвеевко И.В. Классификация и маркировка литейного оборудования // Библиотечка литейщика, 2013. – №5. – С. 2...7.

13. Пономаренко О.И. Оптимизация технологических решений для цехов литейного производства // Библиотечка литейщика, 2013. – №1. – С. 6...11.

14. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. та ін. Основи охорони праці: підручник. – К.: Основа, 2011. – 474 с.

15. Закон України «Про охорону праці».

16. СНиП 2.09.02-85*. Виробничі будівлі.

17. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

18. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

19. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

20. СН245-71. «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий».

21. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

22. ДБН В.1.1.7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва.

23. Гавриш О.А. Методичні рекомендації до розробки економічної частини дипломних проектів і робіт / О.А. Гавриш, В.І. Кривда, С.В. Нараєвський.// – К.: ІВЦ “Політехніка”. – 2010. – 54 с

ДОДАТКИ